शोधांच्या कथा

विद्युत्चुम्बकीय सूक्ष्मलहरी









आयझॅक असिमॉव्ह

मराठी रूपांतरण - अभय भा. काळे

शोधांच्या कथा

\-

विद्युत्चुम्बकीय सूक्ष्मलहरी

आयझॅक असिमॉव्ह

सचित्रीकरण - एरिका कॉर्स

मराठी रूपांतरण - अभय भा. काळे

विषय सूची

१.

रंग आणि लहरी

ही घटना आहे ईसवीसन १६६५ मधील - एक तेवीस वर्षीय फिरंगी (इंग्रज) संशोधक, आयझॅक न्युटन (१६४२ - १७२७) हा प्रकाशाशी खेळ करत होता.

त्या सूर्य प्रकाशित दिवशी, त्याने खोलीचे सगळे पडदे ओढून घेतले होते आणि खोलीत अंधार केला होता. एका पडद्याला केलेल्या छोटयाशा फटीतून, सूर्याची अरुंद शलाका त्या खोलीत कसाबसा प्रवेश करीत होती.

न्युटनने त्या सूर्य किरणांना काचेच्या एका त्रिकोणी तुकड्यामधून, ज्याला *कोनचिति* (एक त्रिकोणाकृती लोलक) म्हणतात, त्यातून जावू दिले होते. आणि त्या सूर्य किरणांनी त्या कोनचितिमधून जाताना, आपला मार्ग बदलला होता. त्या प्रकाश किरणांचे वक्रीभवन झाले होते.

कोनचितिमधून येताना तो प्रकाश, त्याच्या आत जाणाऱ्या दिशेपेक्षा किंचित निराळ्या दिशेने बाहेर आला व खिडकीसमोरील भिंतीवर पडला. जर ती कोनचिति वाटेत आली नसती तर त्या प्रकाशाने भिंतीवर उजेडाचे एक धवल वर्तुळ काढले असते. पण ती कोनचिति तिथे *होती*, आणि ती प्रकाश शलाका विखरून जावून तिथे एक इंद्रधनुष्य उभे राहिले होते. एका टोकाचा प्रकाश तांबड्या रंगाचा होता. जशी एखाद्याची नजर त्या प्रकाशाच्या पट्ट्यावरून सरकत जाई, तसतसा तो हळूहळू

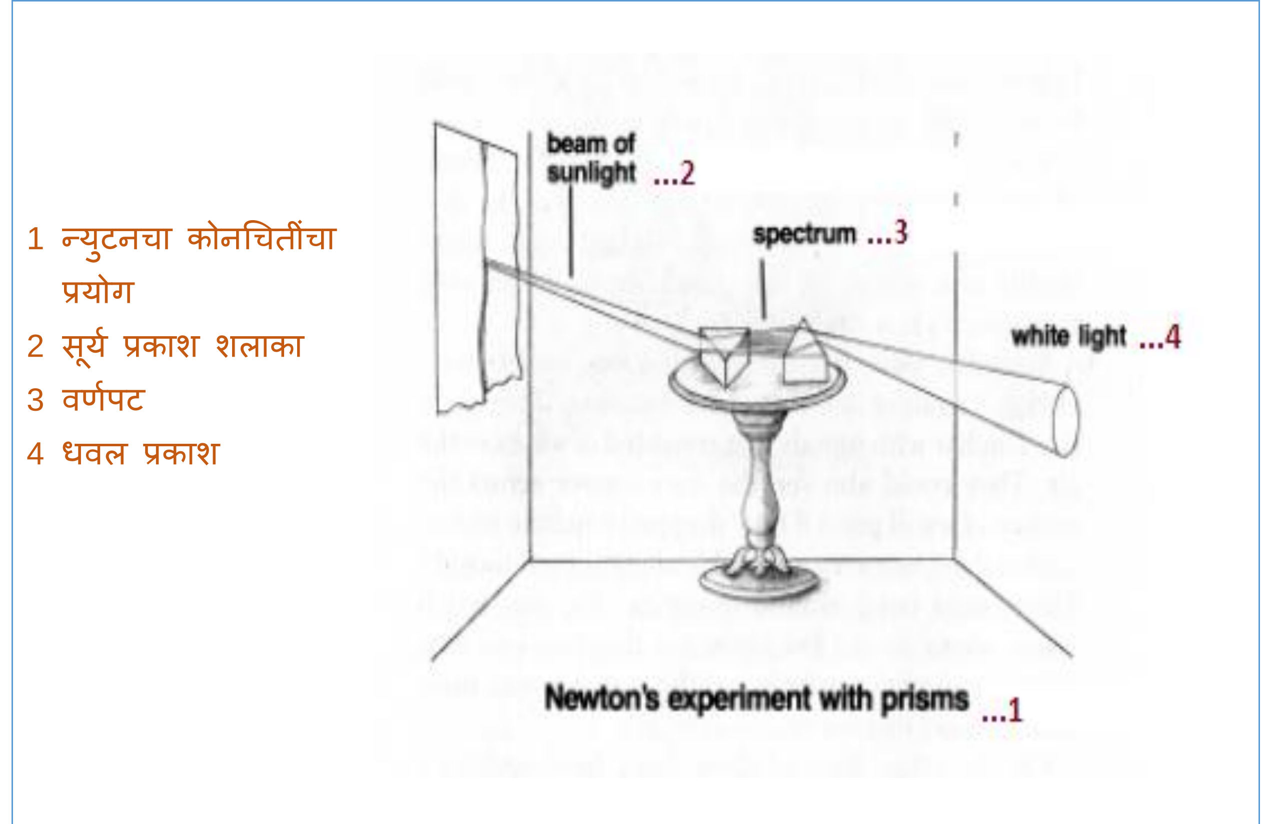
बदलत, नारिंगी, मग पिवळा, मग हिरवा, मग निळा, मग पारवा होत होता. आणि शेवटी, त्या पट्ट्याच्या दुसऱ्या टोकाला प्रकाशाचा रंग होता जांभळा.

तुम्ही तुमच्या आजूबाजूला खूप सारे रंग पाहता, पण ते सर्वसाधारणपणे घन पदार्थांचेच एक विशेष असतात. तुम्ही त्यांना अनुभवू शकता. (उदाहरणार्थ, क्रिकेटचा चेंडू हाताळल्यावर तुमचा हात लाल होतो.) मात्र, न्युटनने भिंतीवर तयार केलेले रंग असे अनुभवता येत नव्हते. ते रंग त्या प्रकाशातच होते, ना की कोण्या घन पदार्थावर. तुमचा हात त्या रंगीत प्रकाशातून जणू काही भुताप्रमाणे आरपार गेला असता. आणि खरोखरच न्युटनने त्या रंगीत प्रकाश पट्ट्याचे नाव ठेवले *स्पेक्ट्रम*, तो शब्द जो लॅटीन भाषेत भूतासाठी वापरतात. आपण त्याला *वर्णपट* म्हणतो.

ते सारे रंग आले कोठून होते? न्युटनला वाटले कि आपल्या डोळ्यांना जो प्रकाश धवल रंगाचा दिसतो, तो प्रत्यक्षात रंगांचे एक मिश्रण आहे. जेंव्हा धवल प्रकाश कोनचितिमधून जातो आणि वक्रीभूत होतो, तेंव्हा विभिन्न रंग विभिन्न प्रमाणात वक्रीभूत होत असतात. तांबडा रंग सर्वांत कमी वक्रीभूत होतो, तर जांभळा रंग सर्वांत जास्त वक्रीभूत होतो, आणि अन्य रंग त्यांच्या मधल्या प्रमाणांत वक्रीभूत होत असतात. त्यामुळेच तर वक्रीभवनानंतर, रंग सुटे होतात आणि एका पट्टीवर विखुरले जातात. ते मग धवल प्रकाशाच्या एका छोट्या वर्तुळात राहात नाहीत.

हे खरेच असे आहे का, ते न्युटनने पडताळून पाहायचे ठरवीले. न्युटनने प्रकाशाला एका कोनचितिमधून जावू दिले, आणि मग, तो प्रकाश भिंतीपर्यंत पोहोचण्याआधी त्याने त्याला आणखी एका कोनचितिमधून जायला भाग पाडले आणि त्याने त्या दुसऱ्या कोनचितिचे त्रिकोणी टोक पहिल्या कोनचितिच्या विरुद्ध दिशेला करून ठेवलेले होते. पहिल्या कोनचितिमधून गेल्यावर प्रकाशाचे एका दिशेने वक्रीभवन झाले होते, पण नंतर दुसऱ्या कोनचितिमधून गेल्यावर प्रकाशाचे बरोबर विरुद्ध दिशेने

वक्रीभवन झाले. पहिल्या कोनचितिमधून गेल्यावर रंग सुटे होवून वर्णपट तयार झाला पण दुसऱ्या कोनचितिमधून गेल्यावर सारे रंग परत एकत्र झाले.



जेंव्हा प्रकाश *दोन्ही* कोनचितींमधून पार गेला तेंव्हा भिंतीवर प्रकाशाचे एक धवल वर्तुळ उमटले गेले होते. न्युटनसाठी हा पुरावा हे सांगायला पुरेसा होता कि सारे रंग एकत्र झाल्यावर धवल रंग तयार होतो.

पण प्रकाशाचे भिन्न-भिन्न रंग का असावेत ? ते रंग कोनचितिमधून जाताना भिन्न-भिन्न प्रमाणात का वक्रीभूत व्हावेत ?

प्रकाश कशाचा बनलेला असतो हे समजल्यावर वरील प्रश्नांची उत्तरे देता आली असती कदाचित, पण, न्युटनच्या काळात कोणालाच ते ठाऊक नव्हते. तरीही, दोन शक्यता जाणवत होत्या.

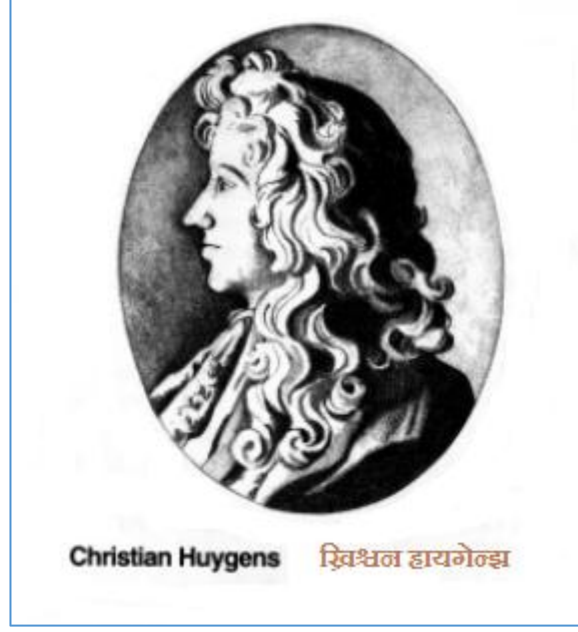
एक शक्यता होती कि प्रकाश एक झरा होता, अतीसूक्ष्म कणांचा, जे वेगाने एका सरळ रेषेत धावत असतात. अशीही एक शक्यता होती कि प्रकाश एक प्रवाह होता, छोट्या छोट्या लाटांनी बनलेला आणि त्या साऱ्या लहरी (लाटा) वेगाने एका सरळ रेषेत उसळत चाललेल्या असतात.

काही थोड्या अंतरापर्यंत सरळ रेषेत जाणाऱ्या बंदुकींच्या गोळ्यांचा शास्त्रज्ञांना परिचय होता. हवेतील लहरींपासून निर्माण होणारा ध्वनी देखील त्यांच्या ओळखीचा होता. एखाद्या स्तब्ध तळ्यात दगड टाकल्यास, त्याच्या पृष्ठभागावर निर्माण होणाऱ्या लाटाही त्यांनी निरखलेल्या होत्या.

लहरींची एक बाब मात्र फारच वैशिष्ट्यपूर्ण होती. अडथळ्यांच्या भोवती त्या स्वतःला वळवू शकत होत्या. तुम्ही पाण्याच्या लाटांना असे करताना पाहू शकता. तुम्ही हेही जाणता कि, तुम्ही वळणापलीकडून एखाद्याचे बोलणे ऐकू शकता, म्हणजेच ध्वनी लहरी कोपऱ्यावर वळत असणारच.

दुसरीकडे पाहता, बंदुकीच्या गोळ्या कोपऱ्यावर वळत नाहीत, आणि प्रकाशही तसा वळत नाही. जर कोणी वळणापलीकडे असेल, तर तुम्ही त्याला पाहू शकत नाही. प्रकाश त्या अडथळ्याच्या कडेने निघून जातो, त्याच्या आधीच्याच सरळ रेषेत.

आणि या कारणामुळेच न्युटन असे समजला कि प्रकाश एक झराच असला पाहिजे, अतीसूक्ष्म कणांचा, जे वेगाने एका सरळ रेषेत धावत असतात आणि ना कि कोणत्या लहरी.


Christian Huygens ख्रिश्चन हायगेन्झ

मात्र सगळेच काही न्युटनशी सहमत नव्हते. ख्रिश्चन हायगेन्झ (१६२९ - १६६५) या नावाचा एक वलंदेज (डच) शास्त्रज्ञ होता, ज्याला वाटत होते कि प्रकाश हा लहरींचा बनलेला असतो. त्याचा मुद्दा होता कि जितक्या सहजपणे मोठ्या लहरी अडथळ्यांच्या भोवती वळू शकत, तशा सहजतेने छोट्या लहरी वळू शकत नव्हत्या. म्हणूनच जर प्रकाश हा *अती छोट्या* लहरींचा बनलेला असेल तर तो अडथळ्यांच्या भोवती वळणे शक्यच नव्हते.

परंतु, झाले असे कि बहुसंख्य संशोधकांनी न्युटनची तळी उचलून धरली, कारण जसा काळ पुढे सरकला तसे लोकांच्या लक्षात आले, न्युटन हा एक थोर शास्त्रज्ञ होता. ईतकेच काय पण आजचे शास्त्रज्ञदेखील हे मान्य करतात कि न्युटन हा आजवरचा सर्वात महान शास्त्रज्ञ होता.

असे असले तरी, महान शास्त्रज्ञ पण कधीकधी चुकू शकतात.

ज्या माणसाने या वादावर पडदा टाकला तो होता एक इंग्रज शास्त्रज्ञ - थॉमस यंग (१७७३ - १८२९). तो एक बहुश्रुत व्यासंगी विद्वान होता ज्याला विविध विषयांमध्ये गती होती.

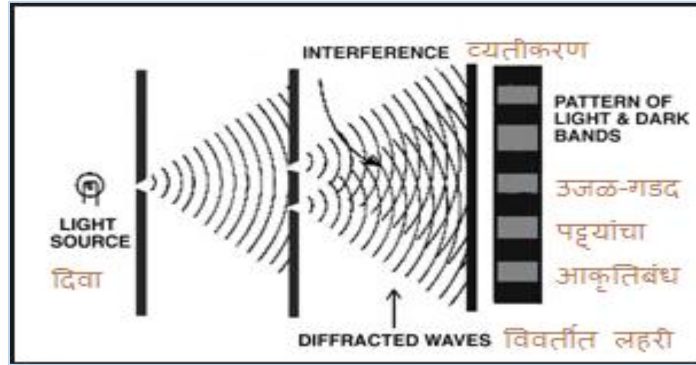
तो पेशाने एक शरीर चिकित्सक (वैद्यक) होता. तसे असूनही तो *एन्सायक्लोपेडीया ब्रिटानिका* या ज्ञानाकोषासाठी वैविध्यपूर्ण विषयांवर लेखन करीत असे. प्राचीन ईजिप्शिअन लिपीचा अर्थ लावण्याच्या कामाला सुरुवात करणारा तो पहिला संशोधक होता. आणि हे सारे असूनसुद्धा तो आजही सुविख्यात आहे, तो त्याच्या प्रकाशासंबंधीत प्रयोग आणि शोधांसाठी.

यंगने ध्वनी लहरी अभ्यासल्या होत्या. त्याला माहित झाले होते कि जेंव्हा दोन ध्वनी लहरी एकमेकांना छेदतात किंवा एकमेकींच्या मार्गांत विरुद्ध जातात, तेंव्हा काही वेळेस एक ध्वनी लहर दुसरीला पुसून टाकत असे. जर एक ध्वनी लहर वाहून *आणणारी* हवा कदाचित तंतोतंत दुसऱ्या ध्वनी लहरीला वाहून *नेणाऱ्या* हवेसारखी होती; तर अशा परिस्थितीमध्ये हवा कोठल्याही दिशेला जावू शकत नसे आणि तिथे नीरवता निर्माण होई. जेंव्हा त्या दोन ध्वनी लहरी विभिन्न लांबीच्या असत, तेंव्हा दीर्घ लहर, लघु लहरीवर ताबा मिळवत असे आणि मग काही काळासाठी त्या दोन्ही लहरींमधून हवा एकाच वेळी आत बाहेर करीत असे. साहजिकच त्या वेळी नेहमीपेक्षा मोठा ध्वनी ऐकू येई. त्या नंतर त्या दोन्ही ध्वनी लहरींच्या तालात फरक पडत जाई आणि नीरवता निर्माण होई आणि असे चक्र सुरु राही.

यामुळे असे होई कि जेंव्हा दोन ध्वनी लहरी भेटत, तेंव्हा तुम्हाला नीरवता जाणवेल, मग आवाज ऐकू येईल, परत नीरवता, परत आवाज. या चक्राला *ठोके / व्यतीकरण* म्हणतात आणि कानांसाठी ते सुखावह नसतात.

जर प्रकाश हा कणांचा बनलेला असता तर असे घडू शकले नसते. एक कण दुसऱ्या कणाला पुसून टाकू शकला नसता.

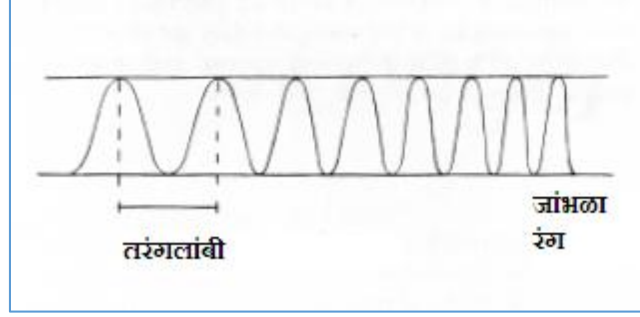
ईसवीसन १८०१ साली, यंगने एक प्रयोग केला. दोन अरुंद फटी, एकमेकींच्या अगदी जवळ ठेवून, त्यातून त्याने एक प्रकाश शलाका पाठविली. ते किरण त्या फटींमधून गेल्यावर किंचित पसरले आणि जेंव्हा ते भिंतीपर्यंत पोहोचले, तेंव्हा त्या दोन शलाका (दोन फटींमधून आलेल्या) एकीवर एक आलेल्या होत्या.



(वरील चित्र मूळ पुस्तकात नाही. विषय सुलभ व्हावा म्हणून या रुपांतरणात समाविष्ट केले आहे. स्त्रोत - *गुगल ईमेजेस*)

तुम्हाला वाटले असणार कि जिथे त्या दोन शलाका एकीवर एक आलेल्या होत्या, तिथे बराच जास्त उजेड असेल आणि तिथली भिंत, तिच्या इतर भागापेक्षा (जिथे त्या दोन शलाका एकीवर एक नव्हत्या) अधिक उजळलेली असेल.

मात्र तसे मुळीच झालेले नव्हते. जिथे त्या दोन शलाका एकीवर एक आलेल्या होत्या, तिथे उजळ आणि गडद पट्टे एकाआड एक उमटले होते. त्या किरण शलाका काही ठिकाणी एकमेकींना पुसून टाकत होत्या तर काही ठिकाणी एकमेकींना वाढवीत होत्या. संगीतातल्या ठोक्यांप्रमाणे, त्यांचे हे मिळवणे व पुसणे एकाआड एक होत होते.



जेंव्हा प्रकाशाच्या दोन शलाका एकमेकींना पुसून टाकतात तेंव्हा आपण म्हणतो कि त्या एकमेकीत *व्यत्त्यय* आणत आहेत, किंवा तिथे *व्यतीकरण* होत आहे. म्हणूनच अशा तऱ्हेने तयार झालेल्या उजळ आणि गडद पट्ट्यांना *व्यतीकरण झालर* म्हणतात.

निर्णय झालेला होता. हायगेन्झ बरोबर होता आणि न्युटन चुकला होता. प्रकाश हा छोट्या छोट्या लहरींचा बनलेला होता. आणखी सांगायचे तर, ती व्यतीकरण झालर जितकी रुंद असेल त्यावरून, यंग त्या लहरीची लांबी मोजून काढू शकत होता. यालाच *तरंगलांबी* असे म्हणतात. असे लक्षात आले कि प्रकाशाची तरंगलांबी हि साधारणपणे एका इंचाच्या ५०,००० व्या भागाइतकी (१/५०,००० इंच ; आणि १ इंच = २५.४ मिलीमीटर) असते. याचाच अर्थ असा कि जर तुमच्याकडे प्रकाशाची १ इंच लांब शलाका असेल तर त्यामध्ये एका पाठोपाठ एक अशा ५०,००० लहरी असतील.

प्रकाशाच्या साऱ्याच लहरींची लांबी सारखीच नसते. तांबड्या प्रकाशाच्या लहरी सर्वांत मोठ्या असतात तर जांभळ्या प्रकाशाच्या लहरी सर्वांत छोट्या असतात. जेवढी तरंगलांबी लहान तेवढे प्रकाशाचे विकरण जास्त होणार. म्हणूनच कोनचिति प्रकाशाचे रंग वेगळे-वेगळे करू शकते.

वर्णपटाच्या एकदम एका टोकाला असलेल्या तांबड्या प्रकाशाची तरंगलांबी असते १/३२,००० इंच. तर वर्णपटाच्या एकदम विरुद्ध टोकाला असलेल्या जांभळ्या प्रकाशाची तरंगलांबी असते १/६४,००० इंच. उर्वरीत रंगांच्या तरंगलांब्या या दोन टोकांच्या मध्ये असतात. या तरंगलांब्या त्याच क्रमाने कमी कमी होत जातात, ज्या क्रमाने वर्णपटातील रंग दिसतात : तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा, जांभळा.

२.

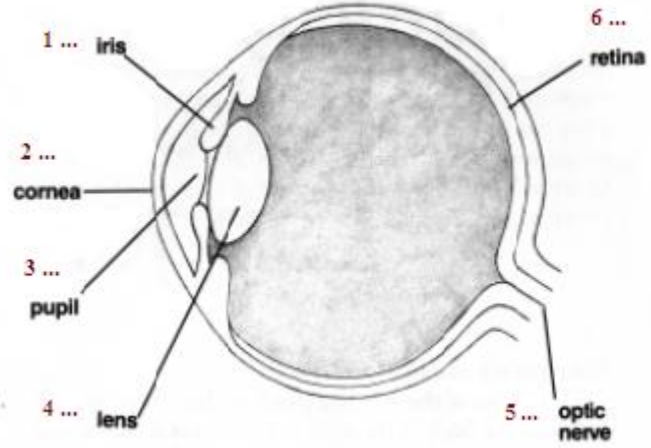
वर्णपटाचा विस्तार

आपण प्रकाश आणि रंग का पाहू शकतो? कसे पाहू शकतो?

आपला दृष्टीपटल हा एक डोळ्याच्या आतमध्ये, मागील बाजूस असलेला ऊतींचा पातळ तुकडा असतो. या दृष्टीपटलात निरनिराळी रसायने असतात जी वेगवेगळ्या पट्ट्यातील तरंगलांबींचा प्रकाश शोषून घेतात. जेंव्हा सगळ्या तरंगलांबी दृष्टीपटलापर्यंत पोहोचतात तेंव्हा ही सारीच रसायने काम करू लागतात आणि आपल्याला धवल प्रकाश दिसतो - आपला नेहमीचा प्रकाश. जेंव्हा काही तरंगलांबी मोठ्या प्रमाणात, तर काही तरंगलांबी कमी प्रमाणात दृष्टीपटलापर्यंत पोहोचतात तेंव्हा काही रसायने इतरांपेक्षा अधिक काम करू लागतात आणि आपल्याला अमुक एक किंवा तमुक एक रंग दिसू लागतो.

मग असे पण शक्य आहे का कि अशाही काही काही तरंगलांबी असतील ज्या दृष्टीपटलातील कोणत्याही रसायनावर परिणाम करीत नाहीत आणि त्यामुळे आपल्याला त्या तरंगलांबी कधी दिसतच नाहीत?

1 कनीनीका
2 श्वेतपटल / पुर:पटल
3 नेत्रतारका (डोळ्याची बाहुली)
4 भिंग
5 दृष्टी-मज्जातंतू
6 दृष्टीपटल (डोळ्याचा पडदा)



परंतु, तशी शक्यता वाटत नव्हती, कारण तरंगलांबी वर्णपटात कुठेही असल्या तरी त्या आपल्याला दिसतात. एक रंग वा दुसरा, आपल्याला दिसतोच.

आता सारे प्रकरण समजल्यासारखे वाटत होते. आणि तसेही १८ व्या शतकापर्यंत लोकांनी या विषयाचा फारसा विचारच केलेला नव्हता. प्रकाश म्हणजे ती एक साधी सोपी गोष्ट होती, जी तुमचे डोळे चांगल्या स्थितीत असतील तर दिसणारच होती. साहजिकच असा प्रकाश असूच कसा शकत होता, जो तुम्ही बघूच शकणार नव्हता ?

परंतु त्याच सुमारास, जर्मन-इंग्रज शास्त्रज्ञ विल्यम हर्षल (१७३८ - १८२२) याच्या प्रयोगांतून काही निराळ्याच गोष्टी उघडकीस आल्या. हर्षल हा खगोलशास्त्रज्ञ म्हणून विशेष ख्यातकीर्त आहे. वानगीदाखल बोलायचे तर त्यानेच १७८१ साली *युरेनस* ग्रहाचा शोध लावला होता.

मात्र निष्णात संशोधकांना अनेक गोष्टींमध्ये रुची असते आणि हर्षलला वर्णपटाचे आकर्षण वाटू लागले.

सूर्य आपल्याला दोन गोष्टी देतो. तो आपल्याला प्रकाश देतो जो आपण पाहू शकतो आणि तोच आपल्याला उष्णता देतो जी आपल्याला जाणवते. साऱ्यांनाच हे परिचयाचे आहे कि रात्री फक्त अंधारच पडतो असे नाही तर तापमानही थंड होते.

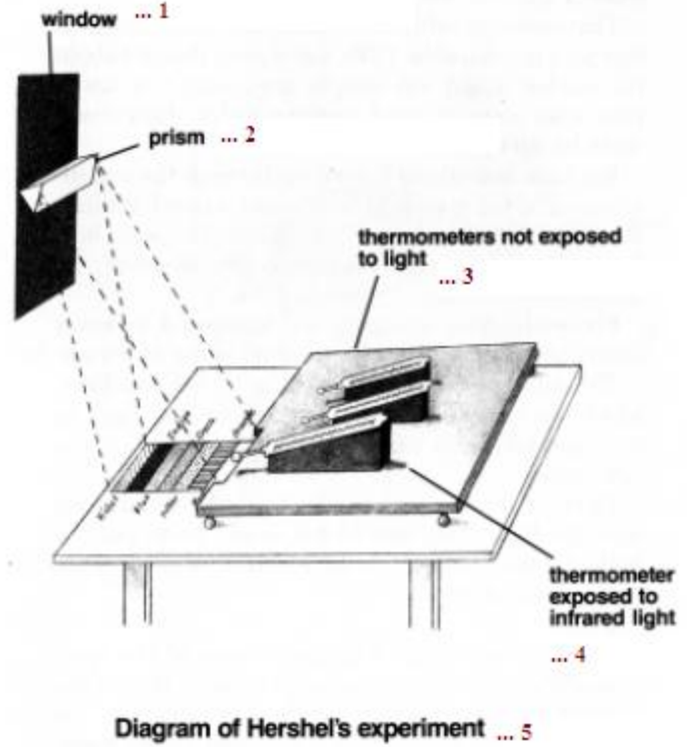
हर्षल विचार करू लागला कि उष्णता प्रकाशाबरोबरच तर पाठविली जात नसेल? ते तपासण्याचा एक मार्ग होता. तापमापकाचा संवेदक वर्णपटावर ठेवायचा आणि पाहायचे कि तापमान वर चढते का ते.

आणि अगदी तसेच झाले.

आता हर्षल विचार करू लागला कि वर्णपटाच्या निरनिराळ्या भागातून वेगवेगळ्या प्रमाणात उष्णता मिळत असेल का? त्याने तापमापकाचा संवेदक वर्णपटाच्या जांभळ्या भागात ठेवला, मग निळ्या भागात, मग हिरव्या भागात आणि असे करीत राहिला. त्याचा लक्षात आले कि त्या त्या प्रत्येक भागात तापमान वर चढले, पण तो जसजसा वर्णपटाच्या तांबड्या टोकाकडे जात राहिला तसतसे तापमान अधिकाधिक वर चढत गेले. वर्णपटाच्या तांबड्या भागात तर तापमान सर्वांत जास्त वर चढले.

हे निरीक्षण मात्र जरा आश्चर्यकारक होते. हर्षलने अपेक्षा केली होती कि तापमान वर्णपटाच्या मधल्या भागात सर्वांत जास्त वर जाईल. आता त्याला कोडे पडले कि जर तापमापकाचा संवेदक वर्णपटाच्या तांबड्या भागाच्या टोकाच्याही *पलीकडे*, जिथे कुठलाच प्रकाश नव्हता तिथे ठेवला तर काय होईल? अर्थातच त्याने अंदाज केला होता कि त्या भागात तापमान अजिबातच वर जाणार नाही.

1 खिडकी
2 कोनचिति
3 प्रकाशात नसलेले तापमापक
4 अवरक्त प्रकाशात असलेले तापमापक
5 हर्षलच्या प्रयोगाचे चित्र



आणि तो चुकला होता! तापमान तर तांबड्या भागाच्या तापमानाच्याही वर गेलेले आढळले. सूर्य तिथेही उष्णता देत होता, जिथे तो प्रकाश मात्र देत नव्हता. त्यामुळे हर्षल केवळ असे समजून चालू लागला कि सूर्य किरणांचे दोन प्रकार असणार - प्रकाश किरण आणि उष्माकिरण. त्या अनुषंगाने पाहता, मग वर्णपटही दोन असणार होते, एक प्रकाशाचा वर्णपट जो आपल्या डोळ्यांना दिसतो, आणि एक उष्म्याचा वर्णपट जो तापमापक अनुभवू शकतात. हे दोन वर्णपट एकावर एक असतात, पण ते काही प्रमाणात वेगवेगळे पण असतात.

पुढच्याच वर्षी, १८०१ साली, एका जर्मन शास्त्रज्ञाने, योहान विल्हेम रायटर (१७७६ - १८१०) याने एक निराळाच प्रयत्न केला.

लोकांना हे माहित होते कि काही विशिष्ट पांढऱ्या, रूपे (चांदी) असणाऱ्या रसायनांमधील चांदी, त्यांच्यावर प्रकाश टाकल्यास वेगळी करून बाहेर काढता येते. रुपेरी धातूचे बारीक बारीक कण त्या रसायनांमध्ये दिसून येत. चांदीचे बारीक कण केल्यावर ती काळी दिसते आणि त्यामुळे अशी रसायने मग प्रकाशात ठेवल्यावर काळपट दिसू लागत.

रायटरने अशा रसायनांच्या द्रावात कागदी पट्ट्या भिजवून घेतल्या आणि त्या पट्ट्या वर्णपटाच्या निरनिराळ्या भागांमध्ये ठेवल्या. वर्णपटाच्या तांबड्या भागातील पट्टी काळपट पडली नाही. मात्र त्याने जसे जसे वर्णपटाच्या जांभळ्या भागाकडे ठेवलेल्या पट्ट्यांवर नजर टाकली तसतसे त्याला गडदपणा वाढत जाताना दिसला. खुद्द जांभळ्या भागातील पट्टी, नेहमीच्या सूर्य प्रकाशातील पट्टीपेक्षा फारच अधिक वेगाने काळपट झालेली होती.

रायटरने अगोदरच हर्षलच्या प्रयोगाबद्दल ऐकले होते आणि म्हणूनच त्याने द्रावात भिजवलेली एक कागदी पट्टी जांभळ्या भागाच्याही *पुढे* ठेवली आणि ती तर जांभळ्या भागातील पट्टीपेक्षाही अधिक लवकर काळपट झाली. मग असे शक्य होते का कि सूर्य, रासायनिक किरणे पण प्रक्षेपीत करीत होता? एकूण तीन प्रकारची किरणे आणि तीन प्रकारचे वर्णपट होते का, एक जो तुम्हाला डोळ्यांनी दिसत होता, एक तापमापकाला जाणवत होता, आणि एक रसायनांना?

हे सारेच गोंधळवून टाकणारे होते; जोपर्यंत यंगच्या प्रयोगांचे निष्कर्ष आले नव्हते. मग मात्र यंगच्या प्रकाश व्यतीकरणाच्या निदानांनी शास्त्रज्ञांची खात्री पटली कि प्रकाश हा लहरींचा बनलेला असतो.

आता हे स्पष्ट झाले होते कि तांबड्या रंगापेक्षाही दीर्घ लांबीच्या लहरी असलेले किरण असू शकतात आणि मनुष्याच्या दृष्टीपटलातील रसायनांवर तेवढ्या दीर्घ

लहरींची प्रतिक्रिया होत नाही. तशाच प्रकारे, जांभळ्या रंगापेक्षाही लघु लांबीच्या लहरी असलेले किरण असू शकतात आणि मनुष्याच्या दृष्टीपटलातील रसायनांवर तेवढ्या लघु लहरींचीही काही प्रतिक्रिया होत नाही.

याचा अर्थ असा कि आपण वर्णपटाचा फक्त एक भाग पाहू शकतो, तो भाग जो तांबड्या ते जांभळ्या रंग समुहात येतो. वर्णपटाचा विस्तार तांबड्याच्याही आणि जांभळ्याच्याही पलीकडे आहे, मात्र आपण ते दूरचे भाग पाहू शकत नाही.

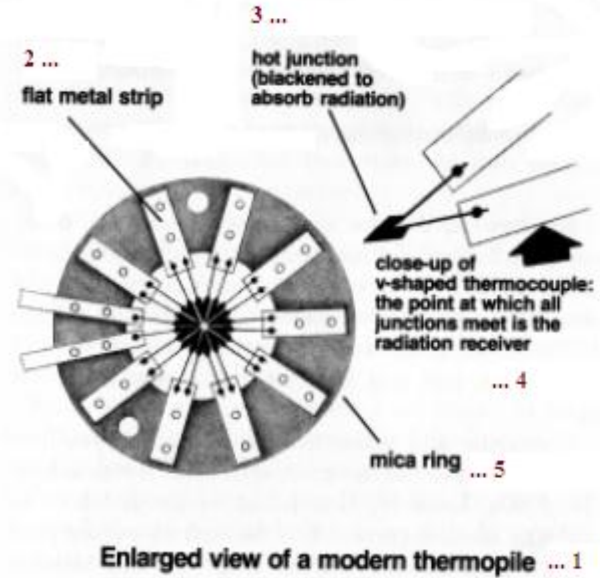
वर्णपटाचा जो विस्तार तांबड्याच्या पलीकडे असतो त्याला आपण *ईनफ्रारेड* किरणोत्सर्ग (*अवरक्त / उपारुण किरणोत्सर्ग*) म्हणतो. लॅटिन भाषेतील *ईनफ्रा* या शब्दाचा अर्थ आहे *खाली*. जर आपण वर्णपट, त्याची जांभळी कडा वर धरून, जांभळा ते तांबडा असा वरून खाली पाहिला तर *ईनफ्रारेड* (अवरक्त) म्हणजे *तांबड्याच्याही खाली*.

वर्णपटाचा जो विस्तार जांभळ्याच्या पुढे असतो त्याला आपण *अल्ट्राव्हायोलेट* किरणोत्सर्ग (*अतीनील किरणोत्सर्ग*) म्हणतो. लॅटिन भाषेतील *अल्ट्रा* या शब्दाचा अर्थ आहे *पलीकडे*. आणि खरोखरच अल्ट्राव्हायोलेट (अतीनील) हा, वर्णपटाचा *जांभळ्याच्याही पलीकडचा* विस्तार आहे.

आता प्रश्न असा होता कि, आपल्याला न दिसणारा हा अवरक्त किरणोत्सर्ग, त्याची दीर्घ तरंगलांबी सोडता सामान्य प्रकाशासारखाच आहे हे कसे सिद्ध करणार ? त्याचा अभ्यास कसा करणार ? (असाच प्रश्न लघुतरंगलांबीच्या अतीनील किरणोत्सर्गाच्याही बाबत होता.)

सुदैवाने तापमापनाची एक संवेदनशील पद्धत १८३० साली शोधून काढण्यात आली. तिला *तापचिति* असे म्हणत. तापचिति ही दोन विभिन्न धातू पट्ट्यांची एक मालिका होती. त्या पट्ट्यांची एकीकडील टोके गरम केल्यावर ही तापचिति विद्युत धारा निर्माण करू शकत असे. अगदी क्षीण विद्युत धारा देखील मोजणे शक्य होते, ज्यामुळे अगदी कमी उष्णतेचाही शोध घेता येत होता.

1 आधुनिक तापचितिचे मोठे केलेले दृश्य
2 धातूची सपाट पट्टी
3 उष्ण सांधा (*किरणोत्सर्ग* शोषण्यासाठी काळा केलेला)
4 'V' आकाराचे तापयुग्माचे समीप दृश्य - ज्या बिंदूपाशी सगळे सांधे मिळतात तो आहे किरणोत्सर्ग *स्वीकारक*
5 अभ्रकाची वेढणी



एका इटालियन शास्त्रज्ञाने, मॅसेडोनीओ मेल्होनी (१७९८ - १८५४) याने, तापचितिमध्ये काही सुधारणा घडवून आणल्या, जेणेकरून ती तापचिति अवरक्त किरणोत्सर्गाला अशी संवेदनक्षम झाली कि जसे सामान्य प्रकाशाला आपले डोळे. सामान्य प्रकाश जितक्या सहजतेने काचेतून जावू शकतो तितक्या सहजतेने अवरक्त किरणोत्सर्ग जावू शकत नसल्यामुळे, त्याने मग शेंदेलोणापासून भिंगे आणि कोनचिति बनवल्या.

१८५० साली, तो हे दाखवू शकला कि अवरक्त किरणोत्सर्ग लहरी देखील सामान्य प्रकाश लहरींसारख्याच वागतात. अवरक्त लहरींचेही परावर्तन आणि वक्रीभवन होवू शकते. इतकेच काय पण तुम्ही दोन अवरक्त शलाका घेवून, त्यांची व्यतीकरण झालर सुद्धा दाखवू शकता.
आता खरेच सारे प्रकरण उलगडले गेले होते.

पण हा वर्णपटाचा विस्तार होता तरी कोठवर, किती दूरपर्यंत ? अवरक्त आणि अतीनील किरणोत्सर्गांच्याही पलीकडे काही होते का ?

या प्रश्नांची उत्तरे मिळाली, ब्रिटीश संशोधक जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल (१८३१ - १८७९) याच्या संशोधनातून. खरेतर त्याला रस होता विद्युत शक्ती आणि चुंबकत्व यांमध्ये, आणि ते त्याला घेवून आले प्रकाशाच्या गोष्टींकडे.

विद्युत्शक्ती आणि चुंबकत्व यांची जुन्या काळच्या ग्रीक लोकांनाही तोंडओळख होती. तरीही, शास्त्रज्ञांना विद्युतधारा एका तारेतून प्रवाहित करुन दाखविण्यासाठी १८ व्या शतकात कोठे यश आले. (वाचा : “शोधांच्या कथा - विद्युत्शक्ती” - ले. आयझॅक असिमॉव्ह, वॉकर प्रकाशन, १९७३ / अनु. सुजाता गोडबोले, मनोविकास प्रकाशन / http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/electricitymarathi.pdf)

१८२० साली असा शोध लागला कि जर विद्युत धारा एखाद्या तारेतून प्रवाहित होत असेल तर त्या तारेला चुंबकाप्रमाणे वागायला भाग पाडता येते. आणि तसेच जर एखादे चुंबक तारेच्या वेटोळ्यातून मागे पुढे ढकलले तर त्यामुळे त्या तारेतून विद्युत धारा प्रवाहित होणे सुरु होते.

तोवर विद्युत शक्ती आणि चुंबकत्व या दोन स्वतंत्र गोष्टी मानल्या जात असत. पण आता त्यांच्यात अधिकाधिक जवळचे नाते असावे असे जाणवू लागले होते.

मॅक्सवेलला त्यातच रस होता. विद्युत शक्ती आणि चुंबकत्व यांचे नाते नेमके कसे आहे याचा त्याला अभ्यास करायचा होता.

त्याने जवळपास ९ वर्षे या प्रश्नावर काम केले आणि १८७३ सालापर्यंत त्याने चार सोपी गणिती सूत्रे शोधून काढली. हि चतु:सुत्री विद्युत शक्ती आणि चुंबकत्व यांच्या परस्पर संबंधांबद्दल सारे काही सांगते आणि तिला *मॅक्सवेलची समीकरणे* असे संबोधतात.

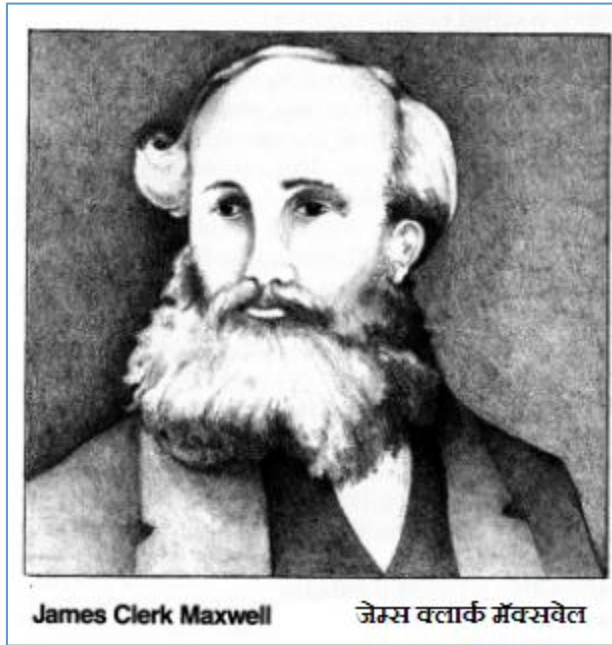
जर मॅक्सवेलची समीकरणे बरोबर असतील तर असे निश्चित समजत होते कि विद्युत शक्ती असेल तर चुंबकत्वपण असणारच होते आणि चुंबकत्व नसेल तर विद्युत शक्तीही नसणार होती. खरे पाहता विद्युत शक्ती आणि चुंबकत्व, दोघे मिळून एकच गोष्ट बनते, आणि तिला म्हणतात - *विद्युतचुंबकत्व*.

मॅक्सवेलने दाखवून दिले कि ज्याक्षणी विद्युत शक्ती अस्तित्वात येई ती चुंबकत्व निर्माण करीतसे, ज्यातून परत विद्युत शक्ती तयार होई आणि ती परत चुंबकत्व निर्माण करीतसे, आणि असेच चालू राही. त्यामुळे ते विद्युत्चुम्बकीय क्षेत्र सर्व दिशांनी बाहेर उसळत जाई. हे असे बाहेर पसरत जाणे म्हणजेच *विद्युत्चुम्बकीय प्रारण* किंवा *विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्ग*.

स्वतःची समीकरणे वापरून मॅक्सवेल हे सांगू शकत होता कि तो किरणोत्सर्ग किती वेगाने पसरेल. तो वेग अतिशयच जास्त होता - साधारण १८६,३०० मैल प्रती सेकंद. आता हा तोच वेग होता, ज्या वेगाने प्रकाश प्रवास करतो. म्हणून मॅक्सवेलने असा निष्कर्ष काढला कि प्रकाश हा एक विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्ग आहे.

पण परत प्रश्न असा होता कि प्रकाशामध्ये निरनिराळ्या तरंगलांबीं का असतात?

विद्युत्चुम्बकीय लहरी सुरु होतात कारण विद्युत भार असलेली एखादी वस्तू आंदोलू लागते, म्हणजेच मागे- पुढे होवू लागते. प्रत्येक वेळेस जेंव्हा ती वस्तू मागे-पुढे होते, तेंव्हा ती एक लहर निर्माण करते. समजा कि तो विद्युत भार एका सेकंदात ६० शत-सहस्त्र कोटी वेळा (६० ट्रिलियन वेळा) आंदोलत आहे. त्यामुळे निर्माण झालेला किरणोत्सर्ग जेंव्हा १८६,३०० मैलांपर्यंत दूर जाईल (ज्यासाठी त्याला मात्र १ सेकंद लागलेला असेल), तेंव्हा तेवढ्या लांबीत प्रकाशाच्या ६० शत-सहस्त्र कोटी छोट्या छोट्या लहरी असतील. अर्थातच ती प्रत्येक लहर ही १/५०,००० इंच इतकी लांब असेल. आणि दृश्य प्रकाशाची तीच तर तरंगलांबी आहे.



James Clerk Maxwell जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल

मॅक्सवेलच्या काळात हे ठावूक नव्हते कि अणूच्या आत मध्येही, काही असलेच, तर ते काय होते. सध्याच्या काळात आपल्याला माहित आहे कि अणूच्या आत विद्युत भार असतात आणि त्यांची वेगवान आंदोलने प्रकाश निर्माण करण्यास पुरेशी

असतात. निरनिराळ्या अणूंमधील विद्युत भार निरनिराळ्या वेगाने आंदोलतात आणि म्हणून वेगवेगळ्या तरंगलांबींचा प्रकाश निर्माण होतो.

मॅक्सवेलने दाखवून दिले कि त्याच्या समीकरणांमध्ये असे काहीच नव्हते जे विद्युत भारांच्या आंदोलनाला काही ठराविक वेगांपुरतेच मर्यादित ठेवेल. विद्युत भार इतक्या वेगाने आंदोलू शकत होते कि त्यातून अतीनील किरणोत्सर्गापेक्षाही कमी तरंगलांबीचे विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्जन होवू शकत होते किंवा विद्युत भार इतक्या संथपणे आंदोलू शकत होते कि त्यातून अवरक्त किरणोत्सर्गापेक्षाही जास्त तरंगलांबीचे विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्जन होवू शकत होते.

३.

आकाशलहरी आणि सूक्ष्मलहरी

निव्वळ गणिती सूत्रे एखाद्या गोष्टीच्या अस्तित्वाची खात्री देतात, म्हणून त्या गोष्टींचे अस्तित्व मान्य करणे, हे शास्त्रज्ञांना कधीच सुखावह वाटत नाही. एखाद्या गोष्टीचे भाकीत करून, गणित त्यांना सांगते कि काय शोधायला हवे आहे. मग शास्त्रज्ञ त्या गोष्टीचा *माग काढू* लागतात, जिचे भाकीत केले गेलेले आहे.

मॅक्सवेलच्या समीकरणांनुसार, विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्जन हे एका बाजूला अवरक्ताच्याही फार पुढच्या तरंगलांबींत पसरलेले असणार होते तर दुसऱ्या बाजूला अतीनीलाच्याही फार पुढच्या तरंगलांबींत पसरलेले असणार होते. शास्त्रज्ञांपुढे पेच होता, तो ते किरणोत्सर्जन शोधून काढण्याचा.

त्या दिशेने प्रयत्न करणाऱ्यांत पहिले यश मिळाले ते, हायन्रीश रुडॉल्फ हर्ट्झ (१८५७ - १८९४) या जर्मन शास्त्रज्ञाला.

१८८८ साली हर्ट्झने एका विद्युत धारेची रचना केली जी फार वेगाने आंदोलत होती. त्याने त्याच्या विद्युत मंडलात धातूचे दोन छोटे चेंडू असे जोडले कि त्या दोघांत एक अरुंद पोकळी राहील आणि तिथे फक्त हवा असू शकेल. मंडल पूर्ण केल्यावर, विद्युतशक्तीची लाट एका चेंडूत शिरली. जेंव्हा तीने (विद्युतशक्तीने) दिशा पालटली तेंव्हा ती दुसऱ्या चेंडूत शिरली. नंतर परत जेंव्हा तीने दिशा पालटली तेंव्हा ती परत पहिल्या चेंडूत शिरली आणि असेच चालू राहिले. प्रत्येक वेळेस जेंव्हा

ती लाट पहिल्या वा दुसऱ्या चेंडूत शिरली, त्यांच्यातील पोकळीत एक ठिणगी पडत राहिली.

हर्ट्झने विचार केला कि जर मॅक्सवेलचे म्हणणे बरोबर असेल तर, जेंव्हा ते मंडल आंदोलत होते तेंव्हा विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्ग निदर्शनास आला पाहिजे. तसेच त्या किरणोत्सर्गाची तरंगलांबी अवरक्तापेक्षा फारच मोठी असली पाहिजे. पण त्याच्यापुढे प्रश्न होता कि खरेच असे होत आहे का, ते कसे नक्की पडताळायचे ?

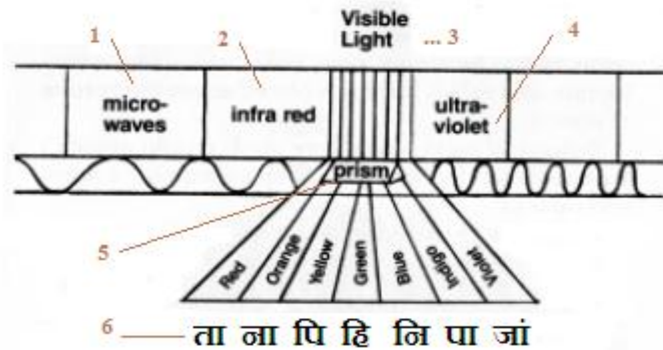
तो विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्ग शोधण्यासाठी, हर्ट्झने तारेचे एक साधे वेटोळे वापरले, ज्यात त्याने अगदी छोटीशी फट ठेवली होती. ज्याप्रमाणे आंदोलणारी विद्युतधारा किरणोत्सर्जन करीत होती, त्याचप्रमाणे किरणोत्सर्जनामुळे (जर ते खरेच तिथे असेल तर) त्या तारेच्या *शोध-फासात* (वेटोळ्यात) आंदोलणारी विद्युतधारा निर्माण व्हायला हवी होती.

अगदी तसेच झाले ! हर्ट्झच्या शोध-फासातील छोट्या फटीतून ठिणग्या उडू लागल्या. त्याने तो शोध-फास खोलीत निरनिराळ्या ठिकाणी नेवून शोध घेतला. ज्या ज्या ठिकाणी ती लहर खूप वर किंवा खूप खाली होती, त्या त्या ठिकाणी ती ठिणगी अधिक प्रखर होती आणि जास्त वर किंवा खाली होती. जिथे जिथे ती लहर फार वर नाही आणि फार खाली नाही, अशा मध्यम ठिकाणी होती, त्या ठिकाणी हर्ट्झला ठिणगी पडताना दिसली नाही. अशा प्रकारे निरीक्षणे करून त्याने अनुमान काढले कि त्या आंदोलणाऱ्या विद्युतधारेने निर्माण केलेल्या किरणोत्सर्जनाची तरंगलांबी २.२ फूट होती, म्हणजेच प्रकाशाच्या तरंगलांबीच्या दशलक्ष पटीपेक्षाही जास्त होती.

या अतीदीर्घ लांबीच्या विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्ग लहरींना सुरुवातीला *हर्ट्झीअन लहरी* असे नाव दिले गेले. काही काळानंतर मात्र त्यांना *विद्युत्चुम्बकीय प्रारण लहरी / आकाश लहरी* , असे संबोधू जावू लागले.

अवरक्त किरणोत्सर्ग लहरी जसजशा लांब लांब होत जातात तशा त्या आकाशलहरी बनतात. लहरींच्या या दोन प्रकारांना विभागणारी सुस्पष्ट सीमारेषा अशी कोणती नाही. सोयीसाठी शास्त्रज्ञ असे मानतात कि त्यांच्यात १/२५ इंच (साधारण १ मिलीमीटर) लांबीपाशी भेद होतो. म्हणजेच १/२५ इंचापेक्षा कमी तरंगलांबीच्या लहरींना अवरक्त किरणोत्सर्ग लहरी म्हणतात (आणि जेंव्हा त्या त्याहीपेक्षा पुरेशा कमी लांबीच्या असतात तेंव्हा त्या प्रकाश लहरी बनतात) तर १/२५ इंचापेक्षा जास्त तरंगलांबीच्या लहरींना आकाशलहरी असे म्हणतात.

1 सूक्ष्मलहरी
2 अवरक्त लहरी
3 दृश्य प्रकाश
4 अतीनील लहरी
5 कोनचिति
6 इंद्रधनुष्याचे रंग -
तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा, जांभळा



आकाशलहरी या कितीही लांबीच्या असू शकतात - काही इंच लांब, काही मीटर लांब किंवा काही किलोमीटर लांब. तुम्ही पाहिजे तर आकाशलहरींचे दीर्घ लहर, लघु लहर आणि अतीलघु लहर असे वर्गीकरण करू शकता. अतीलघु आकाशलहरींना

सामान्यपणे *मायक्रोवेव्ह* (*सूक्ष्मलहरी*) असे म्हणतात. *मायक्रो* हा ग्रीक भाषेतील छोटा / छोटी या अर्थाचा शब्द आहे.

सूक्ष्मलहरी या १/२५ इंच (१ मिलीमीटर) ते ६ १/४ इंच (१५८.७५ मिलीमीटर) या दरम्यानच्या कोठल्याही तरंगलांबीच्या असू शकतात.

एकदा शास्त्रज्ञांना आकाशलहरींबद्दल समजल्यावर, त्यांनी विचार सुरु केला कि अशा लहरी अतीदूर संदेश प्रक्षेपणासाठी वापरता आल्या तर कसे होईल. तोपर्यंत दूरसंदेश वहनासाठी तारायंत्रांचा वापर सुरु झाल्याला साधारण अर्ध शतक झाले होते. अर्थात त्यासाठी साऱ्या भूखंडांवर, खांबांवर तारा लटकावायला लागल्या होत्या आणि महासागरांच्या तळाशी तारा टाकायला लागल्या होत्या.

जर आकाशलहरी दूरसंदेश वहनासाठी वापरता आल्या असत्या तर कदाचित जगभरच्या लोकांना त्या साऱ्या महागड्या आणि देखभालीसाठी कीचकट अशा तारा आणि धातुसुंभांवर अवलंबून राहावे लागले नसते.

एदुआर्दो ब्रहांली (१८४४ - १९४०) या फ्रांसीसी संशोधकाने १८९० मध्ये, हर्ट्झच्या शोध-फासापेक्षा अधिक कार्यक्षम शोधयंत्र निर्माण केले. ते वापरून ब्रहांली, १५० यार्डांवरून (साधारण १५० मीटर अंतरावरून) आकाशलहरी शोधू शकत होता. ऑलिव्हर जोसेफ लॉज (१८५१ - १९४०) या ब्रिटीश संशोधकाने त्या यंत्रात आणखी काही सुधारणा केल्या जेणेकरून तो अर्धा मैल (८०० मीटर) अंतरावरून आकाशलहरी शोधू लागला होता. तो पुढे जावून आकाशलहरी या, टिंबे आणि अपसरणचिन्हें यांच्या रूपांत पाठवून, *मोर्स* सांकेतिक भाषेत संदेशही प्रक्षेपीत करू शकला.

या साऱ्या संशोधकांत, गुलीअॅल्मो मर्हकोह्नी (१८७४ - १९३७) या प्रयोगशील, इटालियन शास्त्रज्ञाला सर्वांत जास्त यश मिळाले. त्याने शोधून काढले कि जर त्याने लांब उभ्या तारा वापरल्या तर तो अधिक शक्तीशाली संकेत पाठवू शकत होता आणि ते जास्त सुलभतेने ग्रहण करू शकत होता. त्या तारांना त्याने नाव दिले - *अॅण्टेना* (स्पृशा); हा तोच शब्द होता जो कीटकांच्या डोक्यावरील उंच संवेदकांसाठी वापरतात. आपण त्यांना *संकेतस्पृशा* म्हणूया.

१८९६ साल उजाडले. आतापर्यंत मर्हकोह्नी ९ मैलांपर्यंतचे संकेत शोधू लागला होता. तो त्यात आणखी सुधारणा करू शकणार होता का? काही झाले तरी आकाशलहरी सरळ रेषेत प्रवास करीत असतात आणि पृथ्वीचा पृष्ठभाग (तीच्या गोल आकारामुळे) हा तुमच्या ठिकाणापासून सर्व दिशांना खाली झुकत जात असतो. साहजिकच ९ मैलांनंतर, आकाशलहरी ढगांत शिरून बाह्य अवकाशात निघून जाणार होत्या.


Guglielmo Marconi गुलीअॅल्मो मर्हकोह्नी

सुदैवाने, आपल्या वातावरणात, उंचावर, विद्युतभारित कणांचा एक थर आहे. त्या थराला इंग्रजीत *आयनोस्फीअर* (*भारितकणावरण*) असे म्हणतात कारण त्या भारित कणांना इंग्रजीत *आयन* म्हणतात. हे भारितकणावरण आकाशलहरींचे परावर्तन

करते. त्यामुळे आकाशलहरी, पृथ्वी आणि भारितकणावरण यांच्यावर एकापाठोपाठ टप्पे घेत घेत, साऱ्या जगाच्या वक्र आकारावरून फिरू शकते.

मर्हकोह्नी, १२ डिसेंबर १९०२ रोजी, इंग्लंडच्या दक्षिण-पश्चिम टोकापाशी गेला आणि त्याने आकाशलहरी संकेत एका वायुयानातून प्रक्षेपीत केले. ते संकेत अटलांटिक महासागराच्या पलीकडच्या बाजूला, न्यू फौंडलंड येथे पकडले गेले. मर्हकोह्नीने अशा तऱ्हेने एक संदेश महासागरापार पाठविला होता, कोणत्याही तारा व धातुसुंभ न वापरता, निव्वळ आकाशलहरी वापरून. याच कारणामुळे, मर्हकोह्नी हा *आकाशलहरीय संदेशवहन* (*रेडियोटेलीग्राफी* म्हणजेच आकाशलहरींवर स्वार होवून केलेले संदेशवहन) याचा निर्माणकर्ता मानला जातो. लवकरच या शब्दाचे *रेडियो* (*आकाशवाणी*), असे लघुरूप प्रचारात आले.

काही वर्षांनतर, एक कॅनेडिअन-अमेरिकन शास्त्रज्ञ रेजीनल्ड ओब्रे फीसंडेन (१८६६ - १९३२), याला समजले कि आकाशलहरींत काही बदल करून त्यांची रूपरेखा ध्वनीलहरीं प्रमाणे करता येते. त्यामुळे ध्वनीलहरींपासून अशा आकाशलहरी तयार करता येवू शकल्या, ज्या मूळ ध्वनीलहरींमधील फरक (चढ-उतार) अनुसरीत होत्या. दुसऱ्या टोकाला (संकेत ग्रहण ठिकाणी), त्या तशा फरक वाहून आणणाऱ्या आकाशलहरी, परत ध्वनीलहरींमध्ये रुपांतरीत करता येत होत्या. आणि अशा तऱ्हेने तंत्रज्ञांनी आकाशलहरींना, बोलायला आणि गायाला भाग पाडले. २४ डिसेंबर १९०६ रोजी, आकाशवाणीतून प्रथमच संगीत पाठविले गेले.

मग त्यात इतरही सुधारणा होत गेल्या आणि त्याचेच फलित म्हणजे आपले आजचे आकाशवाणी आणि दूरदर्शन संच.

सूक्ष्मलहरींचा (खूप छोट्या आकाशलहरी) मात्र १९३० सालापर्यंत काही विशेष उपयोग लक्षात आलेला नव्हता. त्याच सुमारास प्रश्न पुढे आला तो असा कि आकाशलहरी वापरून, दूरवरच्या वस्तूंचा शोध कसा घ्यायचा.

ही गोष्ट आपल्याल्या अपरीचीत नाही कारण आपण दूरवरच्या वस्तूंचा शोध अगदी तसाच घेतो. आपण दूरवरच्या वस्तूंनी परावर्तीत केलेला प्रकाश पाहतो. त्यातून आपल्या डोळ्यांसमोर जी प्रतिमा निर्माण होते त्यावरून आपण त्या वस्तूचा रंग, आकार कसा आहे ते ताडतो आणि तसेच ती किती अंतरावर आहे तेही जोखतो.

मात्र आपल्याला सागरात खोलवर असलेल्या वस्तू दिसू शकत नाहीत, कारण प्रकाश तिथवर पोचू शकत नाही. ध्वनीलहरी समुद्रात खोलवर जावू तर शकतात पण त्या इतक्या लांब असतात कि त्या पाण्याखालच्या छोट्या वस्तूंमुळे परावर्तीत होत नाहीत. त्या त्यांच्या बाजूने वळून निघून जातात.

समजा, खूप छोट्या - इतक्या छोट्या कि आपल्या कानांना त्या ऐकू येणार नाहीत तितक्या छोट्या - ध्वनीलहरी वापरता आल्या असत्या तर ? तशा ध्वनीलहरींना म्हणतात *श्राव्यातीत* (*अल्ट्रासोनिक*, लॅटिन भाषेतील ध्वनीच्या पलीकडे या अर्थाचा शब्द) लहरी.

एक फ्रांसीसी शास्त्रज्ञ, पॉल लॉन्जव्हां (१८७२ - १९४६) याने, १९१७ साली, श्राव्यातीत लहरी समुद्रात खोलवर पाठवून त्यांचे परावर्तन पकडण्याची एक पद्धत शोधून काढली. त्या परावर्तनावरून, ज्या काही वस्तूमुळे ते परावर्तन झाले असेल, त्या वस्तूचा आकार आणि विस्तार, तो सांगू शकत होता. त्या स्पंदाला त्या वस्तुपर्यंत पोहोचून, परावर्तीत होवून यायला लागलेल्या वेळावरून, ती वस्तू किती खोलीवर (अंतरावर) असेल याचे गणित करता येत होते. या प्रणालीला नाव दिले गेले *सोनार* ("*साऊंड नॅव्हिगेशन अँण्ड रेंजिंग*" याचे संक्षिप्त रूप). इथे *रेंजिंग* याचा अर्थ होता,

अंतर सांगणे. याचा मराठीत अर्थ होतो "नाद मार्गदर्शन आणि अंतरमापन" (लघुरूप "नामाआअंमा"). परंतु, आपण प्रचलीत आणि मराठीत स्वीकृत शब्द "सोनार" हाच या पुढील निवेदनात वापरू.

पहिल्या जागतिक युद्धाच्या काळात, लॉन्जव्हांने सोनारला, जर्मन पाणबुड्या शोधून काढण्यासाठी विकसित केले. मात्र जोवर त्याची ही युद्धोपयोगी प्रणाली पूर्णत: कार्यरत झाली, तोपर्यंत जर्मनांचा पराभव झालेला होता आणि पहिले जागतिक युद्ध संपलेले होते. युद्धानंतर सोनारचा वापर शास्त्रीय कारणांसाठी होत राहिला - सागर तळांचा शोध घेण्यासाठी.

१९३० च्या सुमारास असे दिसू लागले कि जर्मनीबरोबर आणखी एका मोठ्या युद्धाचा प्रसंग येवू शकतो, आणि आता गंभीर धोका होता तो विमानांचा. तेंव्हा, शत्रूच्या विमानांचा ताफा, ढगांच्या वरून किंवा रात्री तुम्हाला न दिसता उड्डाण करून, तुमच्या दिशेने चालून येत असेल तर ते जाणून घेणे अधिक निकडीचे झाले होते. सोनार ते काम करू शकत नव्हते. त्यासाठी ती प्रणाली फारच संथ होती.

विद्युत्चुम्बकीय प्रारण, जे प्रकाशाच्या वेगाने जात असते, त्याची तिथे गरज होती. मात्र त्या लहरी फार मोठ्या असून चालणार नव्हते, अन्यथा त्या विमांनावरून परावर्तीत होवू शकल्या नसत्या. त्या फार लहान असूनही उपयोग नव्हता, अन्यथा त्या वातावरण भेदून विमानांपर्यंत पोहोचू शकल्या नसत्या; विशेषत: वातावरणात ढग, धुके वा बाष्प असताना. आणि असे लक्षात आले कि सूक्ष्मलहरी या कामासाठी एकदम योग्य होत्या - ना फार लांब ना फार लहान.

शास्त्रज्ञांना अशी प्रणाली शोधून काढावी लागली, जी सूक्ष्मलहरी प्रक्षेपीत करू शकेल आणि त्यांचे परावर्तन ग्रहण करू शकेल. बाहेर टाकला जाणारा स्पंद आणि परावर्तीत होवून परत येणारा स्पंद, यातील वेळेचा फरक मोजायचा कसा तेही त्यांना

शिकावे लागले, कारण तो सेकंदाच्या काही अल्पशा भागाइतका असा फारच ऱ्हस्व काल होता. मग मात्र त्यांच्यात त्या दूरवरच्या वस्तूंचे अंतर आणि आकार मोजण्याची क्षमता आली.

मुख्यत्वेकरून ब्रिटीश शास्त्रज्ञ रॉबर्ट अलेक्झांडर वॉटसन- वॉट (१८९२ - १९७३), याच्या प्रयत्नांमुळे ती प्रणाली १९३५ सालापर्यंत तयार आणि कार्यरत झाली. यामध्ये खूप छोट्या ध्वनीलहरींऐवजी, खूप छोट्या आकाशलहरींचा - रेडियोचा - वापर केला गेला होता. म्हणून त्याला नाव दिले गेले *रडार* ("*रेडियो डिटेक्शन अँण्ड रेंजिंग*" याचे संक्षिप्त रूप). या प्रणालीचा मराठीत अर्थ होतो "आकाशलहरीय वेधन आणि अंतरमापन" (लघुरूप "आवेआअंमा"). परंतु, आपण प्रचलीत आणि मराठीत स्वीकृत शब्द "रडार" हाच या पुढील निवेदनात वापरू.

दुसरे जागतिक युद्ध १९३९ साली पेटले आणि १९४० मध्ये जर्मन विमानांच्या झुंडीच्या झुंडी ब्रिटनवर धाडी टाकू लागल्या. त्याला 'ब्रिटनचे युद्ध' म्हणले गेले. जर्मनांकडे निश्चितच खूप जास्त विमाने होती. पण ब्रिटीशांकडे रडार होते आणि विमाने कुठे आहेत आणि ती कधी येत आहेत, हे ते सातत्याने ओळखू शकत होते. त्यामुळे संख्याबळाने कमकुवत असलेली ब्रिटीश विमाने नेहमीच लक्ष्यवेध करू शकली आणि जर्मनीला ब्रिटनच्या युद्धात मात खावी लागली, आणि पुढे जावून पहिल्या जागतिक युद्धाप्रमाणेच, जर्मनी, दुसऱ्या जागतिक युद्धातही पराभूत झाला.

जागतिक युद्ध २ : रडारचे किनारी स्थानक (आकाशलहरीय वेधन आणि अंतरमापनाचे किनारी स्थानक)



World War II coastal radar station

दुसरे जागतिक युद्ध संपल्यावर रडार आणि सूक्ष्मलहरींचा दैनंदिन कामांसाठी वापर सुरु झाला. वेगमर्यादा न पाळणाऱ्या चालकांवर अधिक सफाईने झडप टाकण्यासाठी पोलिसांनी त्याचा वापर सुरु केला. हवाईअड्डयांन्नी हवेत असणारी विमाने शोधण्यासाठी त्याचा वापर सुरु केला. त्यामुळे त्यांना उड्डाणे आणि अवतरणे, ही टक्करींचा धोका टाळून, नियंत्रित करता येवू लागली.

घरांघरांत - अगदी स्वयंपाक घरांतही, सूक्ष्मलहरींचा उपयोग सुरु झाला.

सामान्य पद्धतीत विस्तवावर किंवा विद्युत्शक्तीने कडक तापविलेल्या शेगड्यांवर, अन्न गरम करून शिजविले जाते. या पद्धतीत मोठ्या प्रमाणात अवरक्त प्रारण निर्माण होते, जे शिजवल्या जात असलेल्या अन्नाला उष्णता पुरवीते.

मात्र अवरक्त प्रारण अन्नामध्ये खूप आतवर जावू शकत नाही, त्यामुळे उष्णता मुख्यत: बाहेरच्या बाजूच गरम करते. ही बाहेरची उष्णता आतवर झिरपायला बराच वेळ लागतो. उदाहरणार्थ, जर एक *टर्की* (एक प्रकारचा विदेशी कोंबडा) आतून नीट शिजायला हवी असेल तर तीला खूप वेळ भाजत राहावे लागते.

सूक्ष्मलहरी मात्र त्यांच्या लांब तरंगलांबीमुळे पदार्थात खोलवर जावू शकतात. उदाहरणार्थ, त्या एखाद्या जाडजूड मांसखंडातून सहज जातात आणि त्याला पृष्ठभागावर आणि तसेच अगदी आतपर्यंत उष्णता पुरवितात. अलीकडे, पटकन अन्न तयार करण्यासाठी, बऱ्याच घरांमध्ये अशा *सूक्ष्मलहरी भट्ट्या* असतात. हल्ली सारेच महाबाजार तसेच बरेच घाऊक व किरकोळ विक्रेते, सूक्ष्मलहरी भट्ट्यांमध्ये शिजवण्यासाठी विशेषकरून तयार केलेले अन्नपदार्थ, विकत असतात.

४.

ग्रह आणि सूक्ष्मलहरी

दुसऱ्या जागतिक युद्धानंतर रडार हे शास्त्रीय कामांसाठीसुद्धा उपयोगात आणले जावू लागले. उदाहरणार्थ - रडार मधील सूक्ष्मलहरी, जशी विमाने परावर्तीत करतात तसेच त्यांना उल्कापिंडही परावर्तीत करतात. सामान्यत: आपण असे उल्कापिंड फक्त रात्रीच पाहू शकतो जेंव्हा वातावरणात शिरताना झालेल्या घर्षणामुळे त्यांना आलेली शुभ्र दीप्ती उठून दिसते. आपल्याला ते तुटून पडणाऱ्या ताऱ्यासारखे वाटतात. जसे दिवसा आपल्याला तारे दिसू शकत नाहीत, तसेच हा उल्कावर्षावही दिसू शकत नाही. रडार वापरून मात्र आपण हे उल्कापिंड दिवसा तसेच रात्रीही शोधून काढू शकतो.

रडार वापरून, अजूनही दूरदूरची लक्ष्ये वेधता येतात. उदाहरणच द्यायचे तर १९४६ साली, एक रडार शलाका चंद्रावर आपटवण्यात आली आणि तिचा प्रतिसाद नोंदवण्यात आला. नंतरच्या काळात रडार शलाका बुध, शुक्र, मंगळ, गुरु आणि शनी यांच्यावरून परावर्तीत करण्यात यश आले. इतकेच काय, पण रडार शलाका सूर्यावरुनही परावर्तीत करण्यात आल्या.

या अशा प्रयोगांना फार महत्व आहे. सूक्ष्मलहर स्पंद पाठविल्यापासून त्याचे परावर्तन ग्रहण करण्याला लागलेला वेळ मोजून, शास्त्रज्ञ निरनिराळ्या खगोलीय वस्तूंचे अंतर सांगू शकत होते. त्या वेळेपर्यंत उपलब्ध असलेल्या सर्व पद्धतींत, या पद्धतीची अचूकता खूपच जास्त होती.

इतकेच नव्हे तर रडार आपल्याला, ग्रहांबद्दल अशाही गोष्टी सांगू लागले, ज्या आपल्याला तोवर माहित नव्हत्या.

समजा आपण इथून सुरुवात केली कि, जर एक लहान वस्तू एका मोठ्या वस्तूभोवती परिक्रमा करत असेल, तर त्या मोठ्या वस्तूमुळे त्या लहान वस्तूवर भरती-ओहोटी येवू लागते. त्या भरती-ओहोटीच्या लाटांमुळे घर्षण निर्माण होते आणि त्यामुळे त्या लहान वस्तूचा स्वत:च्या अक्षाभोवती फिरण्याचा वेग मंदावू लागतो. असे होत होत शेवटी ती लहान वस्तू तिची एकच बाजू कायमची त्या मोठ्या वस्तूकडे करून, तिच्या भोवती फिरू लागते. म्हणूनच आपला चंद्र जेंव्हा आपल्या पृथ्वीभोवती फिरत असतो, तेंव्हा आपल्याला त्याची एकच बाजू नेहमी दिसत राहते.

खगोलशास्त्रज्ञ खूप वर्षे असे मानून चालत होते की, बुध ग्रहाची एकच बाजू कायम सूर्याकडे असते. अशी मान्यता होती कि, ती बाजू अतीशय तप्त असणार आणि दुसरी बाजू जी कायमच अंधारात असते ती अतीशय थंड असणार.

मग आता आपण नक्की सांगू शकतो का ? हो, कारण प्रत्येक वस्तू विद्युत्चुम्बकीय प्रारण प्रक्षेपित करत असते. वस्तू जेवढी उष्ण असेल, तेवढे हे प्रारण ऱ्हस्व असते. एखादी वस्तू अतीतप्त असेल तर ती प्रकाश लहरी बाहेर टाकू लागते, ज्या आपण पाहू शकतो. थंड वस्तू जास्त लांबींच्या लाटा बाहेर टाकतात, ज्या आपण पाहू शकत नाही, जशा कि सूक्ष्मलहरी.

बुधाच्या अंधाऱ्या बाजूकडून येणाऱ्या सूक्ष्मलहरींचा वेध, शास्त्रज्ञ १९६२ साली घेवू शकले. त्या सूक्ष्मलहरी इतक्या लहान होत्या आणि इतक्या जास्त प्रमाणात होत्या कि, त्यातून हे स्पष्ट झाले कि तोवरच्या मान्यतेपेक्षा, बुधाची अंधारातील बाजूदेखील

बरीच गरम होती. अर्थातच, तीलादेखील सूर्याची उष्णता कधी ना कधी मिळतच होती.

मग खगोलशास्त्रज्ञांनी बुधाच्या दिशेने एक सूक्ष्मलहर शलाका पाठविली आणि तीचे परावर्तन अभ्यासले. जर बुध त्याच्या अक्षाभोवती फिरत असता तर त्या सूक्ष्मलहरी किंचित तरी वाकल्या असत्या आणि तो दिशाबदल त्यांच्या माघारी आलेल्या परावर्तनात सापडला असता. मग त्या फरकावरून, बुधाच्या फिरण्याचा वेगही मोजता आला असता.

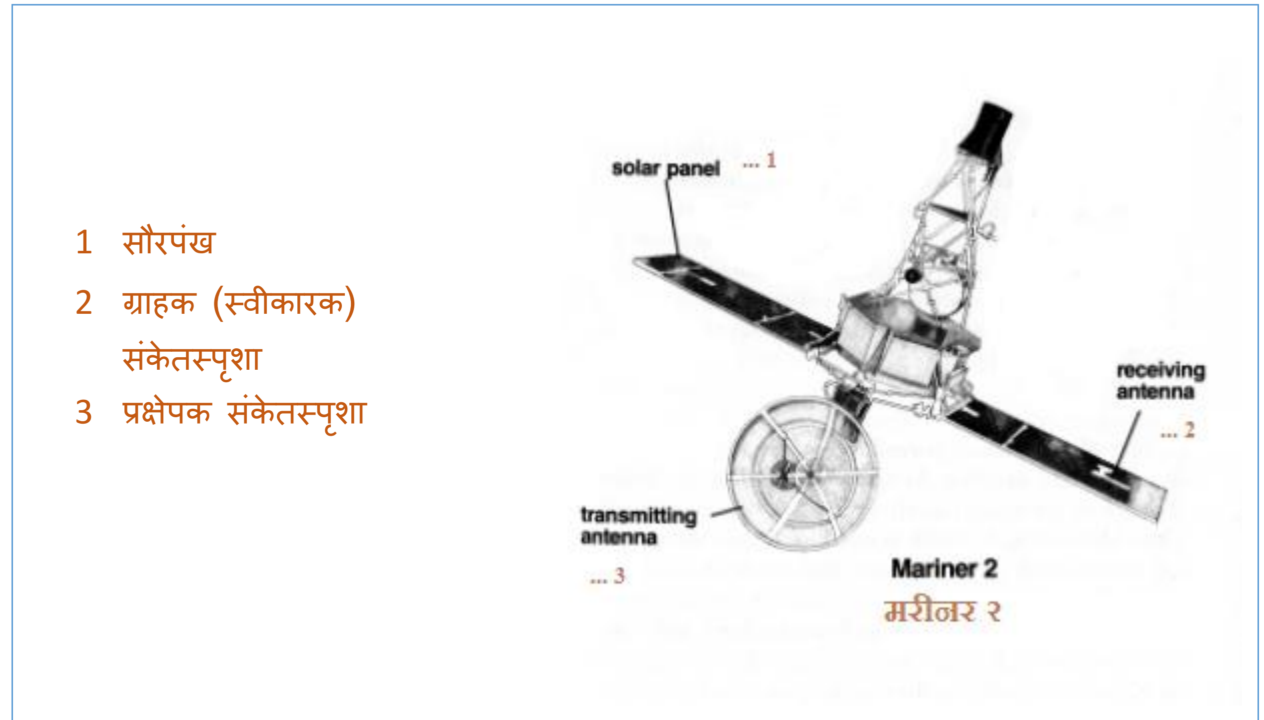
जर असे लक्षात आले असते कि बुधाला त्याच्या अक्षाभोवती एक फेरी मारायला ८८ दिवस लागतात, तर हे नक्की झाले असते कि बुधाची एकच एक बाजू कायम सूर्यासमोर असते; कारण बुधाच्या सूर्याभोवतीच्या परीक्रमेलाही ८८ च दिवस लागतात.

सूक्ष्मलहरींच्या परावर्तनाचा अभ्यास करून, १९६५ साली असा शोध लागला कि बुधाला स्वत:च्या अक्षाभोवती फिरायला ५८ १/२ दिवस लागतात. याचा अर्थ असा होता कि बुध, सूर्यासापेक्ष संथपणे फिरतो आणि त्याच्या पृष्ठभागाच्या प्रत्येक भागाला कधी ना कधी सूर्यप्रकाश मिळतोच मिळतो.

शुक्र ग्रहाने तर शास्त्रज्ञांना अधिकच चकित केले होते. बुधापेक्षा तो आपल्याला जवळ आहे आणि त्याच्यापेक्षा मोठाही आहे. त्यामुळे बुधाच्या अंधाऱ्या बाजूपेक्षा शुक्राची अंधारी बाजू अभ्यासणे जास्त सुलभ होते. १९५६ साली असे लक्षात आले कि, शुक्र ज्या प्रमाणात सूक्ष्मलहरी उत्सर्जीत करीत असतो, त्यावरून हे नक्की होते कि तो फार उष्ण होता.

एक मात्र आहे, कि बुधाला वातावरण नाही आणि शुक्रावर वातावरणाचा जाड थर आहे. मग अशी शक्यता होती; कि शुक्राच्या वातावरणातील उंचावरचे ढग गरम होते पण त्यांनी झाकलेला खालचा घन पृष्ठभाग मात्र थंड होता. १९६२ मध्ये अमेरिकेने एक शोध-संवेदक अग्निबाण, *मरीनर २*, हा शुक्राच्या जवळून पाठविला आणि शुक्राच्या सूक्ष्मलहरींचे अवलोकन केले. यानंतर शंकेला जागाच उरली नाही. शुक्राचा पृष्ठभाग सगळीकडेच अतीतप्त होता, अगदी पत्रा आणि शिसे वितळवू शकेल इतका तप्त.

शुक्रावरच्या ढगांच्या जाड थरामुळे शास्त्रज्ञ असे मानीत असत कि, शुक्रावर भरपूर पाणी असेल आणि तो थोडाफार, म्हणजे आफ्रिकेसारख्या, उष्ण हवामानाचा असेल. पण सूक्ष्मलहरींनी आपल्याला हे सांगितले कि शुक्र हा अतिशय उष्ण, पृष्ठभाग संपूर्ण कोरडा असलेला आणि वस्ती करण्यासाठी एकदम अयोग्य अस ग्रह आहे.



शुक्रावरच्या ढगांच्या जाड थरामुळे कोणाही खगोलशास्त्रज्ञाला शुक्राचा पृष्ठभाग पाहता आला नव्हता. पृष्ठभाग पाहता येत नसल्यामुळे, त्यावरील स्थलचिन्हांचा माग ठेवून, शुक्राच्या स्वत:भोवती फिरण्याची गती ठरवता आली नव्हती. काही शास्त्रज्ञ मानीत कि पृथ्वी आणि मंगळा प्रमाणेच, शुक्रदेखील स्वत:भोवती एक गिरकी घेण्यास २४ तास लावतो. काही असे मानीत कि तो स्वत:भोवती एक गिरकी घेण्यास २२५ दिवस लावतो. एवढाच कालावधी त्याला सूर्य परीक्रमेसही लागत असल्यामुळे, मग ते मानीत कि शुक्राची एकच बाजू सतत सूर्यासमोर राहात असणार.

त्या दोन्हीं मान्यता चूक ठरल्या. १९६२ मध्ये, सूक्ष्मलहरींच्या परावर्तनातून असे समजले कि शुक्र स्वत:भोवती एक गिरकी घेण्यास २४३ दिवस लावतो. म्हणजेच, बुधाप्रमाणेच शुक्राच्याही पृष्ठभागाच्या प्रत्येक भागाला कधी ना कधी सूर्यप्रकाश मिळतोच मिळतो. एव्हढेच नव्हे तर असेही समजले कि, अन्य ग्रह पश्चिमेकडून पूर्वकडे फिरत असतात तर शुक्र मात्र पूर्वेकडून पश्चिमेकडे फिरत असतो.

सूक्ष्मलहरींनी शुक्राच्या बाबतीत आणखीही काही गोष्टी उजेडात आणल्या. १९७८ साली, दुसरा एक अमेरिकन शोध-संवेदक *पायोनिअर व्हीनस* (पायोनिअर = पथदर्शक) हा शुक्राच्या जवळ गेला आणि त्याच्या कक्षेत फिरू लागला.

या शोध-संवेदकाने पाठविलेल्या सूक्ष्मलहरी सहजच ढगांच्या जाड आवरणाला भेदून जावू शकल्या आणि शुक्राच्या घन पृष्ठभागावरून परावर्तीत होवू लागल्या. शास्त्रज्ञांनी पूर्वी जसे प्रकाशाच्या परीवर्तनावरून निष्कर्ष काढले होते, तसेच ते आता त्या सूक्ष्मलहरींचे परिवर्तन तपासून शुक्राच्या पृष्ठभागाचे स्वरूप जाणून घेवू लागले. अर्थात प्रकाशलहरींपेक्षा, सूक्ष्मलहरी बऱ्याच मोठ्या असल्याने, त्यांच्याकडून मिळणाऱ्या शुक्राच्या प्रतिमा या धुसर असतात.

त्या सूक्ष्मलहरी परिवर्तन प्रतिमा असे दाखवितात कि शुक्राचा पाच षष्ठांश (५/६) भाग हा त्याच्या सरासरी पृष्ठभागापेक्षा खूपच उंच रचनांनी बनलेला आहे. उर्वरीत एक षष्ठांश (१/६) भाग हा खोलगट आहे आणि जेंव्हा हा ग्रह बाल्यावस्थेत होता त्यावेळी तिथे कदाचित पाणी भरलेले असेल.

दूरचित्रवाणी चल प्रक्षेपण यंत्रणा, जी सूक्ष्मलहरी संकेतस्पृशा वापरते

Mobile television unit
with microwave antenna



शुक्राच्या खंडप्रदेशात दोन विशाल पठारे आढळून आली ज्यावर पर्वतरांगा आहेत. त्यांची काही गिरीशिखरे तर पृथ्वीवरच्या सागरमाथा (एव्हरेस्ट) शिखरापेक्षाही उंच आहेत. यातील काही शिखरे एकेकाळी ज्वालामुखी असण्याची शक्यता आहे, मात्र आता ते ज्वालामुखी मृत झालेले आढळले.

५.

विश्व आणि सूक्ष्मलहरी

आपल्या सूर्यमालेच्या फार फार दुरूनही, सूक्ष्मलहरी आपल्यापर्यंत येवून पोहोचत असतात. मात्र या गोष्टीचा शोध अपघातानेच लागला.

महासागरांच्या दोन तीरांदरम्यान होणारे लांब पल्ल्याचे दूरध्वनी आकाशलहरींचा वापर करु लागले होते. या संभाषणांमध्ये कित्येकदा, बाह्य स्त्रोताच्या आकाशलहरींमुळे व्यत्तय येत असे. त्या बाह्य आकाशलहरी, तडतडण्यासारखा आवाज निर्माण करीत, ज्यामुळे संभाषण ऐकणे मुष्कील होई. त्या तडतड आवाजाला नाव दिले गेले - *स्टॅटिक* (*वायुमण्डलीय विक्षोभ*) .

बेल ह्या दूरध्वनी मंडळीने, या व्यत्तयाचा उगम शोधायचे ठरवले, जेणेकरून ते त्याचा बंदोबस्त करण्याचे मार्ग काढू शकतील. त्यांनी या कामाची जबाबदारी, एक अमेरिकन अभियंता, कार्ल गूअथे यांस्की (१९०५ - १९५०), याच्यावर सोपविली.

यांस्कीने असे एक उपकरण उभे केले, जे आकाशलहरींचे ग्रहण करू शकेल. त्याला अंदाज होता कि विजांच्या कडकडाटासह पाऊस, डोक्यावरून जाणारी विमानें, जवळपास असलेली विविध प्रकारची शक्तिशाली विद्युत यंत्रे आणि अशा काही वस्तूंमधून, काही आकाशलहरी येत असणार. त्या समस्यांवर काम सुरु होते. पण यांस्कीला अशी कारणे शोधण्यात रस होता, जी विचारातच घेतली गेलेली नव्हती.

आणि यांस्कीला एक नव्या प्रकारचा क्षीण परंतु एकदम स्थिर वायुमण्डलीय विक्षोभ सापडला, जो कोणत्याही माहित असलेल्या स्त्रोतापासून येत नव्हता. त्याला याचे आश्चर्य वाटले कि तो वायुमण्डलीय विक्षोभ वरून आकाशाच्या दिशेने येत होता. खरेतर त्याला तो सूर्याकडून येताना जाणवत होता.

आणि का नाही ? सूर्य सर्व तरंगलांबींच्या विद्युत्चुम्बकीयलहरी उत्सर्जित करत असतो. त्यामुळे तो आकाशलहरीदेखील फेकत असणारच होता.

यांस्कीने त्या वायुमण्डलीय विक्षोभाचा स्त्रोत, रोजच्या रोज निरखायला सुरुवात केली. आणि असे लक्षात आले कि तो वायुमण्डलीय विक्षोभ सूर्याकडून येतच नव्हता. तो स्त्रोत सूर्याच्या पुढे होता आणि असे दिसत होते कि प्रत्येक दिवशी तो सूर्यापासून अधिकाधिक दूर जात होता. दररोज तो साधारण ४ मिनिटांनी सूर्याच्या पुढे पुढे जात होता.

तोवर हे लक्षात आलेले होते कि तारे दररोज साधारण ४ मिनिटांनी सूर्याच्या पुढे पुढे जात असतात. याचा अर्थ असा होता कि त्या वायुमण्डलीय विक्षोभाचा स्त्रोत, आपल्या सूर्यमालेच्या बाहेर कोठेतरी होता, ताऱ्यांमध्ये कोठेतरी होता.

जसजसा यांस्की निरीक्षणे करीत गेला तसतसे त्याला वाटू लागले कि त्या वायुमण्डलीय विक्षोभाचा स्त्रोत असलेल्या लहरी, साधारणत:, अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञ, हार्लो शॅपली (१८८५ - १९७२) याने दाखविलेल्या दिशेने येत आहेत. वीस वर्षांपूर्वीच शॅपलीने, आकाशगंगेचा कैंद्रबिंदू म्हणून त्या दिशेकडे बोट दाखविलेले होते. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर त्या आकाशलहरी, आकाशगंगेच्या कैंद्रबिंदूकडून - काही शतकोटी ताऱ्यांच्या संचयाच्या (ज्यात आपला सूर्यही आहे) कैंद्रबिंदूकडून - येताना दिसत होत्या.



यांस्कीने डिसेंबर १९३२ मध्ये त्याची निरीक्षणे प्रसिद्ध केली. आकाशलहरी, आकाशगंगेच्या केंद्रबिंदूकडून - जो ३०,००० प्रकाशवर्षे दूर असल्याचे आता आपल्याला माहित आहे - येत होत्या.

या शोधामुळे जरा खळबळच माजली. *द न्यूयॉर्क टाईम्स* या वृत्तपत्राने पहिल्या पानावर ही बातमी प्रकाशित केली. मात्र बहुसंख्य शास्त्रज्ञांनी पुढे काहीच केले नाही. फक्त एकच माणूस होता ज्याने प्रयत्न केले आणि तो होता एक अमेरिकन हौशी आकाशलहरी संचालक, ग्रोट रीबर (१९११ - २००२). त्याने, १९३७ साली, त्याच्या व्हीटोन (इलीनॉय, अमेरिका) येथील घराच्या परसात, एक बशीच्या आकाराचा परावर्तक उभा केला. ती बशी अवकाशातून येणाऱ्या आकाशलहरी गोळा करीत असे आणि तिच्या केंद्रस्थानी असलेल्या संवेदकाकडे परावर्तीत करीत असे. ती होती जगातील पहिली आकाशलहरी दुर्बीण.

१९३८ साली रीबरने, आकाशलहरींचा स्त्रोत शोधण्यासाठी आकाश निरीक्षण चालू केले. त्याने तर आकाशाचा एक *आकाशलहरी नकाशा* देखील तयार केला आणि

१९४२ मध्ये प्रकाशित केला. ते मानचित्र काहीसे धूसर होते, पण इतर कोणाहीपेक्षा त्याकाळी रीबरने खूपच मोठे काम केलेले होते.

ग्रोट रीबर
आणि त्याची,
व्हीटोन (इलीनॉय, अमेरिका) स्थित
आकाशलहरी दुर्बीण



आता असे होते कि फारच थोड्या प्रकारचे विद्युत्चुम्बकीय प्रारण, पृथ्वीचे वातावरण भेदू शकते. सामान्य प्रकाश अर्थातच तसे करू शकतो. बहुतेक साऱ्या अतीनील आणि त्यापेक्षा लहान तरंगलांबी पृथ्वीचे वातावरण भेदू शकत नाहीत आणि तीच गोष्ट बहुतेक साऱ्या अवरक्त आणि त्यापेक्षा दीर्घ तरंगलांबींची. असे वाटते कि सामान्य प्रकाशाच्या तरंगलांबींचा पट्टा हीच मात्र जणू खिडकी आहे, आपल्याला हे विश्व पाहण्यासाठी ठेवलेली.

तरीदेखील एक दुसरी खिडकी आहे - सूक्ष्मलहरींची. त्या, वातावरणातून सहजपणे आरपार जावू शकतात. दीर्घ आकाशलहरीं, जर पृथ्वीवरून निघाल्या तर त्या भारितकणावरणावर आपटून उसळी घेतात आणि बाह्य अवकाशात नाहीशा होतात. म्हणूनच सूक्ष्मलहरी कधी आकाशलहरी संकेतवहनासाठी वापरल्या गेल्या नव्हत्या.

याचप्रकारे बाह्य अवकाशातून आपल्या दिशेने येणाऱ्या दीर्घ आकाशलहरीं, आपल्या भारितकणावरणावर आपटून उलट्या जातात आणि आपल्या उपकरणांपर्यंत पोहोचू शकत नाहीत. सूक्ष्मलहरी मात्र आपले भारितकणावरण भेदून आपल्यापर्यंत येवून पोहोचतात. म्हणजेच यांस्कीने व रीबरने शोधलेल्या आकाशलहरीं या सूक्ष्मलहरी प्रकारच्या होत्या.

मग शास्त्रज्ञांना बाह्य अवकाशातून येणाऱ्या सूक्ष्मलहरींमध्ये फारसा रस का नव्हता? त्याचे उत्तर असे आहे कि, सूक्ष्मलहरी, या आकाशलहरीं संकेतवहनासाठी वापरल्या जात नसल्याने, त्यांचा वेध घेतील आणि अभ्यास करू शकतील अशी उपकरणेच बनविली गेली नव्हती.

तथापि, १९३० मध्ये रडार प्रणालीचा विकास सुरु झाला आणि त्याचबरोबर मग सूक्ष्मलहरींसाठीच्या उपकरणांच्या योजना आणि निर्मिती सुरु झाली. दुसरे जागतिक युद्ध संपल्यानंतर, रडार काही गोपनीय गोष्ट राहिली नाही, आणि ती सारी उपकरणे शास्त्रज्ञांना त्यांच्या कामासाठी उपलब्ध झाली. १९५० च्या सुमारास आकाशलहरी दुर्बीणी उभारल्या जावू लागल्या आणि आकाशलहरी खगोलशास्त्राला खूपच महत्व आले.

आकाशलहरी या सामान्य प्रकाशलहरींच्या दशलक्ष पटीने मोठ्या असतात. त्या जर प्रकाशाइतक्याच स्पष्टपणे *बघायच्या* असतील तर आकाशलहरी दुर्बीणी देखील सामान्य दुर्बीणींच्या मानाने दशलक्ष पटीने मोठ्या बनवाव्या लागणार होत्या.

तथापि या समस्येवर एक तोडगा आहे. दोन छोट्या आकाशलहरी दुर्बीणी या एकमेकींपासून काही मैलांवर ठेवून, त्यांचे संचलन इतक्या सुसूत्रतेने करता येवू शकते कि त्या दोघी मिळून अशा वागतात, जणू काही एकच दुर्बीण काही मैल पसरलेली आहे. अशा पद्धतीने आता आकाशलहरी दुर्बीणींचे मोठे गट उभारण्यात येतात, जे सामान्य प्रकाशाच्या दुर्बीणींपेक्षाही जास्त स्वच्छ आणि आणि स्पष्ट *पाहू* शकतात.

आकाशलहरी दुर्बीणी, शास्त्रज्ञांना अशी माहिती देतात जी सामान्य प्रकाशाच्या दुर्बीणी क्वचितच देवू शकतील. दूरवरची एखादी आकाशगंगा, सामान्य प्रकाशाच्या दुर्बीणीतून पाहिली असता एकदम शांत आणि स्वस्थ दिसू शकते. मात्र तीच आकाशगंगा आकाशलहरी दुर्बीणीतून पाहिली असता, तीच्या केंद्रातून मोठ्या प्रमाणात उत्सर्जित होणाऱ्या सूक्ष्मलहरी दिसून येवू लागतात. किंवा असे दिसून येते कि तिथे मोठा स्फोट झालेला असून, सूक्ष्मलहरी उत्सर्जित करणारे पदार्थ तिच्या केंद्रापासून साऱ्या बाजूंना उधळले जात आहेत.

अशा आकाशगंगांना *सक्रिय आकाशगंगा* असे म्हणतात. आकाशलहरी खगोलशास्त्राचे दिवस येण्यापूर्वी, आपल्याला अगदी सामान्य भासणाऱ्या आकाशगंगादेखील, आपल्या कल्पनेपेक्षा फार जास्त सक्रिय असतात असे आता लक्षात आले आहे.

यांस्कीनेच नाही का, त्याच्या प्राथमिक निरीक्षणांमध्ये, खुद्द आपल्या आकाशगंगेच्या केंद्रस्थानी आकाशलहरी शोधून काढल्या होत्या. आज आपल्याला हे निश्चित माहीत आहे कि खरोखरच आपल्या आकाशगंगेच्या अगदी केंद्रस्थानी एक छोटा भाग आहे जो मोठ्या प्रमाणात सूक्ष्मलहरी, उत्सर्जित करीत आहे.

शास्त्रज्ञांना वाटते कि आपल्या आकाशगंगेच्या केंद्रस्थानी एक कृष्णविवर असावे. (वाचा : "शोधांच्या कथा - कृष्णविवरे" - ले. आयझॅक असिमॉव्ह, वॉकर प्रकाशन, १९७८ / अनु. सुजाता गोडबोले, मनोविकास प्रकाशन / http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/blackholesmarathi.pdf) कदाचित असे एकेक कृष्णविवर, प्रत्येक आकाशगंगेच्या केंद्रस्थानी असेल. एक मात्र खरे कि सूक्ष्मलहरी जर आपल्याला माहीत नसत्या, तर आपण याचा कधी अंदाजही केला नसता.

बहुतेक सारे तारे आपल्यापासून इतके दूर आहेत कि त्यांच्या सूक्ष्मलहरी आपण एवढ्या अंतरावरून शोधू शकत नाही. आपण फक्त आपल्या सूर्याच्या सूक्ष्मलहरी वेधू शकतो कारण तो आपल्या खूपच जवळ आहे.

काही तारे मात्र एवढ्या मोठ्या प्रमाणात सूक्ष्मलहरी पाठवितात कि आपण त्यांचा वेध घेवू शकतो. अशा ताऱ्यांना *प्रारण तारे* म्हणतात. ते इतके असाधारण दिसतात कि साध्या दुर्बीणींमधूनही त्यांची बारकाईने निरीक्षणे केली गेली आणि त्यातील काहींना विशिष्ट धुसरपणा असल्याचे दिसून आले. असे वाटले कि ते सामान्य तारे नसावेत. म्हणून त्यांना नाव दिले गेले *क्वासी-स्टेलार* (तारा सदृश या अर्थाच्या लॅटिन शब्दावरून). लवकरच क्वासी-स्टेलार या शब्दाचे लघुरूप *क्वसार*, प्रचारात आले. आपण त्यांना *आभासी-तारा* म्हणतो.

या आभासी-ताऱ्यांच्या प्रकाशाचे लक्षपूर्वक विश्लेषण केले गेले आणि असे दिसून आले कि त्यांचा वर्णपट काही निराळाच होता. अखेर वलन्देज-अमेरिकन शास्त्रज्ञ, मार्टिन श्मिथ (जन्म १९२९) याने हे कोडे १९६३ मध्ये सोडविले. तो अभ्यास करीत असलेल्या आभासी-ताऱ्याचा वर्णपट निराळाच दिसत होता, कारण तो आभासी-तारा,

अती प्रचंड वेगाने आपल्यापासून दूर जात होता. सारेच आभासी-तारें, अती प्रचंड वेगाने पृथ्वीपासून लांब पळत असल्याचे दिसून आले.

शास्त्रज्ञ मानतात कि, आपल्यापासून अधिक वेगाने दूर जाणारी वस्तू ही आपल्यापासून तेवढ्याच अधिक लांबच्या अंतरावर असते. तसे असेल तर, ते आभासी-तारें आपल्यापासून असाधारण अंतरांवर असणार होते. अगदी जवळचा आभासी-तारादेखील आपल्यापासून एक शतकोटी प्रकाशवर्षे लांब आहे. आणि असेही काही आभासी-तारें शोधण्यात आले आहेत, जे आपल्यापासून सतरा शतकोटी प्रकाशवर्षे लांब असावेत.

आभासी-तारें या प्रत्यक्षात अती सक्रिय आकाशगंगा आहेत असे दिसते. इतक्या दूर अंतरावरून, आपण दुर्बीण वापरूनसुद्धा, त्यांचे सक्रियतेने दिप्तीमान झालेले, केंद्रकच काय ते पाहू शकतो. त्या आकाशगंगांचा विस्तार आपण पाहू शकत नाही. म्हणून आपल्याला ते आकाशगंगांचे केंद्रक, फिकट ताऱ्यांप्रमाणे भासतात. त्यामुळेच जर त्यांच्या बाहेर पडणाऱ्या सूक्ष्मलहरी नसत्या, तर कदाचित शास्त्रज्ञांनी त्यांच्यात एवढी रुची घेतली नसती.

आपल्याला सर्वांत दूरच्या आभासी-ताऱ्यांचे जे रूप आज दिसते, ते त्या आभासी-ताऱ्यांचे सतरा शतकोटी प्रकाशवर्षांपूर्वीचे वास्तव आहे कारण त्यांच्या प्रकाशाने आपल्यापर्यंत पोहोचायला तितका वेळ घेतलेला आहे. ते जसे आपल्याला आज दिसतात त्या रुपात ते या विश्वाच्या सुरुवातीच्या काळी अस्तित्वात होते. जर आपल्याला त्या दूरस्थ आभासी-ताऱ्यांची अधिक माहिती मिळाली तर कदाचित आपल्याला हेही कळेल कि, साऱ्या विश्वात भरून राहिलेल्या आकाशगंगा कशा निर्माण झाल्या आणि ती सारी तारकामंडले कशी बनत गेली.

काही प्रारण तारे लुकलुकल्यासारखे दिसतात, कारण ते सूक्ष्मलहरींचे छोटे छोटे, जलद उद्रेक बाहेर टाकत असतात. ब्रिटीश शास्त्रज्ञ अँटनी ह्यूईश (जन्म १९२४) याने अशी आकाशलहरी दुर्बीण तयार केली जी अशा जलद उद्रेकांचा किंवा लुकलुकण्याचा वेध घेवू शकेल. त्याने त्यासाठी ३ एकर जागेवर, २,०४८ सुटे-सुटे स्वीकारक मांडले होते.

जुलै १९६७ मध्ये, ह्यूईशच्या एका आयरीश विद्यार्थीनीला, जोसेलीन बेल (जन्म १९४३) हिला, सूक्ष्मलहरींचे एक अती वेगवान स्पंदन आढळले. त्यांच्या अपेक्षेपेक्षा, ते उद्रेक जास्तच जलद होते आणि अधिक नियमित होते.

ह्यूईशने त्या खगोलीय वस्तूला नाव दिले - *पल्सेटिंग स्टार,* ज्याचे पुढे जावून लघुरूप झाले *पल्सार*. आपण त्याला *स्पंद-तारा* म्हणू या. १९६८ मध्ये, ऑस्ट्रीअन - अमेरिकन शास्त्रज्ञ थॉमस गोल्ड (१९२० - २००४) याने असे दाखवून दिले कि तो कदाचित एक अतीशय लहान पण अतीशय घन असा *उदासीन तारा* असू शकेल. अशा प्रकारच्या खगोलीय वस्तूचे वस्तुमान एखाद्या सामान्य ताऱ्याइतकेच असते, मात्र ते अगदी लहान आकारात, जसे कि साधारण ८ मैल (साधारण १३ किलोमीटर) व्यासाच्या गोळ्यात ठासून भरलेले असते. शास्त्रज्ञ आता असे मानतात कि गोल्डचा विचार बरोबर होता.

स्पंद-तारें प्रचंड वेगाने फिरत असतात आणि एका फेऱ्याला फार फार तर काही सेकंदांचा अवधी घेतात. काही तर सेकंदाच्या काही दशांश भागातच फेरा पूर्ण करतात. अलीकडच्या काळात असे स्पंद-तारें शोधून काढण्यात आले आहेत, जे एक फेरा मात्र सेकंदाच्या काही सहस्त्रांश भागातच पूर्ण करतात.

स्पंद-ताऱ्यांच्या प्रत्येक फेऱ्याबरोबर, त्यांच्या सूक्ष्मलहरींचा उद्रेक जर आपल्यावरून गेला नसता तर ते वैशिष्ट्यपूर्ण तारें आपल्याला कदाचित सापडलेही नसते.

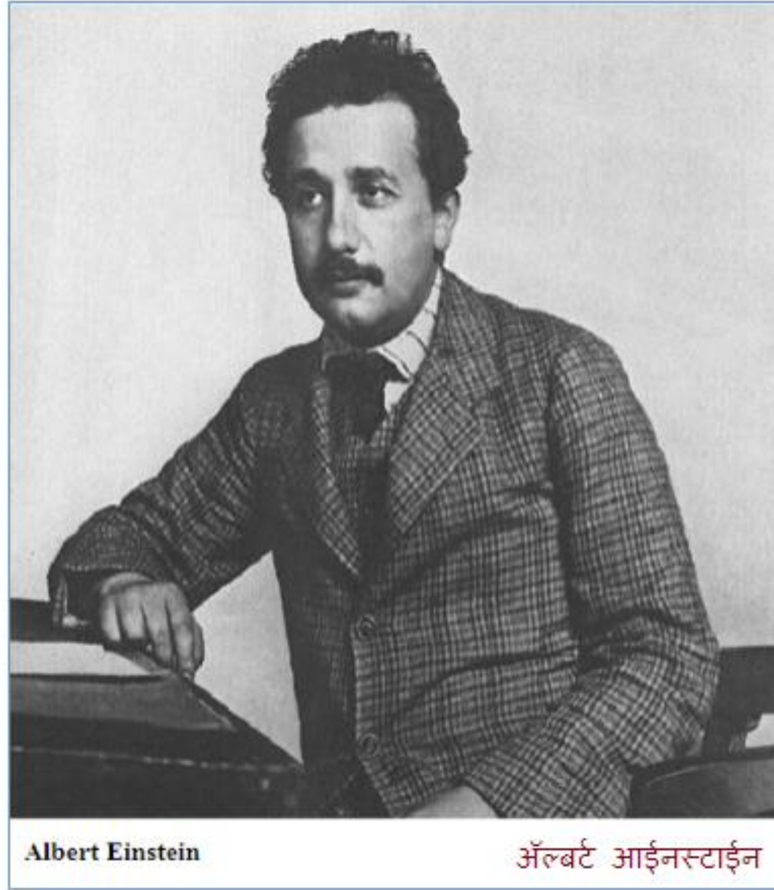
१९२० च्या दशकापासून शास्त्रज्ञ असा कयास करू लागले होते कि विश्वाची निर्मिती साधारण १५ ते २० शतकोटी वर्षांपूर्वी झाली असावी. त्याची सुरुवात अगदी छोट्या बिंदूत सामावलेल्या वस्तूपासून झाली असावी, ज्याचा एक *महा-विस्फोट* झाला असावा.

त्यामुळेच विश्व अजूनही प्रसरण पावत आहे आणि आकाशगंगा एकमेकींपासून वेगाने दूर पळत आहेत.

पण खरेच असे घडले होते का? १९४८ मध्ये, रशियन - अमेरिकन शास्त्रज्ञ जॉर्ज गामॉव्ह (१९०४ - १९६८) याने असे दाखवून दिले कि जर महा-विस्फोट खरेच घडला असेल तर, सूक्ष्मलहरींचा एक क्षीण पण समान अनुभव, अवकाशाच्या साऱ्याच भागांतून मिळाला पाहिजे.

जर्मन - अमेरिकन शास्त्रज्ञ आर्नो ॲलेन पेंझीयास (जन्म १९३३) आणि अमेरिकन शास्त्रज्ञ रॉबर्ट वुड्रो विल्सन (जन्म १९३६), यांनी या सूक्ष्मलहरींच्या एक समान अनुभवाचा प्रत्यक्ष पडताळाच, १९६४ साली घेतला. महा-विस्फोट खरोखरच घडला असल्याचा हा आजवरचा सर्वांत निर्विवाद पुरावा आहे. जर त्या सूक्ष्मलहरी शोधून काढता आल्या नसत्या, तर महा-विस्फोटाचा असा उत्कृष्ट पुरावा आजवर कदाचित मिळालाच नसता.

१९१७ मध्ये, जर्मन - स्वीडीश शास्त्रज्ञ ॲल्बर्ट आईनस्टाईन (१८७९ - १९५५) याने असे दाखवून दिले कि, जर एखादा रेणू उच्च ऊर्जा स्थितीत असेल आणि जर त्याच्यावर किरणोत्सर्गाची लाट आदळविली तर तो रेणू त्याची काही ऊर्जा, किरणोत्सर्गाच्या माध्यमातून बाहेर टाकेल. तसेच तो जी किरणोत्सर्गाची लाट बाहेर फेकेल तीचा आकार व दिशा, तंतोतंत त्या आघाती लाटेसारखीच असेल. त्या लाटा मग पुढे जात आणखी दोन रेणूंना ढुशा देतील, मग नंतर चार, मग आठ, मग सोळा आणि असेच पुढे चालत राहील.



Albert Einstein ॲल्बर्ट आईनस्टाईन

अशा तऱ्हेने ती पहिली लाट, लाटांचा असा एक पूर लोटील, ज्यातील प्रत्येक लाट तंतोतंत सारख्याच तरंगलांबीची असेल आणि साऱ्याच लाटांची दिशा एकच असेल. याला म्हणतात *सुसंगत किरणोत्सर्ग* किंवा *सुसंगत प्रारण*.

चार्ल्स हार्ड टाऊन्स (१९१५ - २०१५) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने, १९५३ मध्ये एक यंत्र तयार केले ज्याद्वारे तो थोड्याशा सूक्ष्मलहरी वापरून त्याच प्रकारच्या सूक्ष्मलहरींचा पूर निर्माण करू शकत होता. टाऊन्सने त्याला नाव दिले *मायक्रोवेव्ह अँप्लीफिकेशन बाय स्टिम्यूलेटेड एमिशन ऑफ रेडीएशन*. याचेच पुढे लघुरूप झाले *मेसर*. याचा मराठीत अर्थ होतो *किरणोत्सर्गाच्या प्रेरित उत्सर्गाने वर्धित सूक्ष्मलहरी* (लघुरूप "*किप्रेउवसू*"). परंतु, आपण प्रचलीत आणि मराठीत स्वीकृत शब्द "*मेझर*" हाच या पुढील निवेदनात वापरू.

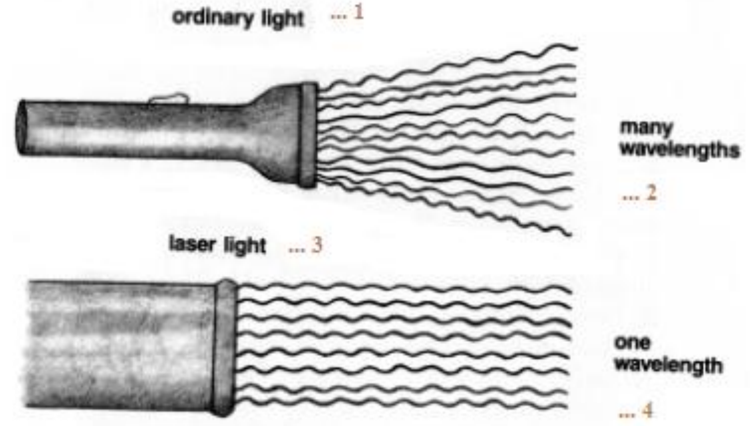
जी कृती सूक्ष्मलहरींच्या बाबत करता येते, तीच कृती इतर प्रारणांबद्दलही करता येते; उदाहरणार्थ - सामान्य प्रकाशाबाबत. मग थिओडोर हॅरॉल्ड मैमन (१९२७ - २००७) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने, एक यंत्र तयार केले ज्याद्वारे तो थोड्याशा प्रकाशलहरी वापरून त्याच प्रकारच्या प्रकाशलहरींचा पूर निर्माण करू शकत होता. त्याला नाव दिले गेले - *लाईट अँप्लीफिकेशन बाय स्टिम्यूलेटेड एमिशन ऑफ रेडीएशन*, किंवा लघुरुपात *लेसर*. याचा मराठीत अर्थ होतो *किरणोत्सर्गाच्या प्रेरित उत्सर्गाने वर्धित प्रकाशलहरी* (लघुरूप "*किप्रेउवप्र*"). परंतु, आपण प्रचलीत आणि मराठीत स्वीकृत शब्द "*लेझर*" हाच या पुढील निवेदनात वापरू.

1 सामान्य प्रकाश

2 विविध तरंगलांबीं

3 लेझर प्रकाश

4 एकच तरंगलांबीं



आता, मेझर आणि लेझर, या दोन्हींचा शास्त्रज्ञांना खूपच उपयोग होत असतो. आपल्या दैनंदिन जीवनात देखील लेझर खूप ठिकाणी उपयुक्त ठरले आहे. उदाहरणार्थ - नव्या आणि अधिक दर्जेदार संगीत तबकड्यांची निर्मिती, घरगुती संगणकाचे नवे आणि अधिक दर्जेदार छपाईयंत्र इत्यादी. खरोखरच ही एक खूपच मोठी यादी आहे.

आणि या साऱ्याची सुरुवात तेंव्हा झाली होती, जेंव्हा न्युटनने कोनचितिमधून एक प्रकाशशलाका पाठविली होती.

*   *   *

शास्त्रज्ञसूची

या पुस्तकात संदर्भ दिलेल्या शास्त्रज्ञांची सूची (ते जसे या पुस्तकात प्रथम येतात त्या क्रमाने) पुढे दिली आहे. त्यावरून वाचकांना सुक्ष्मलहरींच्या शोध मोहिमेची प्रदीर्घता आणि गुंतागुंत लक्षात येईल. तसेच या शास्त्रज्ञांचे संपूर्ण कार्य समजून घ्यायलाही जिज्ञासूंना या यादीची एक सूचक म्हणून मदत होईल.

	English name	Marathi name	Life span
भाग १ Part 1	Issac Newton	आयझॅक न्युटन	१६४२ - १७२७
	Christian Huygens	ख्रिश्चन हायगेन्झ	१६२९ - १६९५
	Thomas Young	थॉमस यंग	१७७३ - १८२९
भाग २ Part 2	William Herschel	विल्यम हर्षल	१७३८ - १८२२
	Johann Wilhelm Ritter	योहान विल्हेम रायटर	१७७६ - १८१०
	Macedonio Melloni	मॅसेडोनीओ मेल्होनी	१७९८ - १८५४
	James Clerk Maxwell	जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल	१८३१ - १८७९
भाग ३ Part 3	Heinrich Rudolf Hertz	हायन्रीश रुडॉल्फ हर्ट्झ	१८५७ - १८९४
	Edouard Branly	एदुआर्दो ब्रहांली	१८४४ - १९४०
	Oliver Joseph Lodge	ऑलिव्हर जोसेफ लॉज	१८५१ - १९४०
	Guglielmo Marconi	गुलीऑल्मो मर्हकोह्नी	१८७४ - १९३७
	Reginald Aubrey Fessenden	रेजीनल्ड ओब्रे फीसंडेन	१८६६ - १९३२
	Paul Langevin	पॉल लॉन्जव्हां	१८७२ - १९४६
	Robert Alexander Watson-Watt	रॉबर्ट अलेक्झांडर वॉटसन- वॉट	१८९२ - १९७३
भाग ४ Part 4	---	---	---

	English name	Marathi name	Life span
भाग ५ Part 5	Karl Guthe Jansky	कार्ल गूअथे यांस्की	१९०५ - १९५०
	Harlow Shapley	हार्लो शॅपली	१८८५ - १९७२
	Grote Reber	ग्रोट रीबर	१९११ - २००२
	Marteen Schmidt	मार्टिन श्मिथ	जन्म १९२९
	Antony Hewish	अँटनी ह्यूईश	जन्म १९२४
	Jocelyn Bell	जोसेलीन बेल	जन्म १९४३
	Thomas Gold	थॉमस गोल्ड	१९२० - २००४
	George Gamow	जॉर्ज गामॉव्ह	१९०४ - १९६८
	Arno Allen Penzias	आर्नो ॲलेन पेंझीयास	जन्म १९३३
	Robert Woodrow Wilson	रॉबर्ट वुड्रो विल्सन	जन्म १९३६
	Albert Einstein	ॲल्बर्ट आईनस्टाईन	१८७९ - १९५५
	Charles Hard Townes	चार्ल्स हार्ड टाऊन्स	१९१५ - २०१५
	Theodore Harold Maiman	थिओडोर हॅरॉल्ड मैमन	१९२७ -२००७

(ही सूची जी मूळ पुस्तकात नाही, ती या मराठी रुपांतरणात वाचकांच्या सोयीसाठी नव्याने समाविष्ट करण्यात आली आहे.)

शब्दसूची

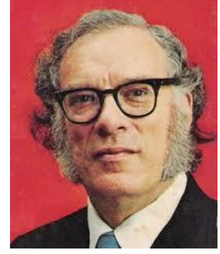
active	सक्रिय
antenna	संकेतस्पृशा
balloon	वायुयान
beats	ठोके / व्यतीकरण
big-bang	महा-विस्फोट
billion	शतकोटी
British	फिरंगी (इंग्रज)
bulb of a thermometer	तापमापकाचा संवेदक
cable	धातुसुंभ / धातूचा दोरखंड
charge	भार
code	सांकेतिक भाषा
coherent radiation	सुसंगत किरणोत्सर्ग / सुसंगत प्रारण
communication	संवाद / दळणवळण
continent	खंड / महाद्वीप
cornea	श्वेतपटल / पुर:पटल
delicate	संवेदनशील / नाजूक
detecting loop	शोध-फास
diffraction	विवर्तन
doctor	शरीर चिकित्सक (वैद्यक)
dots and dashes	टिंबे आणि अपसरणचिन्हें
Dutch	वलंदेज
electromagnetic	विद्युत्चुम्बकीय
electromagnetic waves	विद्युत्चुम्बकीय प्रारण / विद्युत्चुम्बकीय किरणोत्सर्ग
electric circuit	विद्युत मंडल / विद्युत परिपथ
electric current	विद्युत धारा
electricity	विद्युत्शक्ती / विद्युत शक्ती
electromagnetism	विद्युतचुंबकत्व
emission	उत्सर्जन
English	फिरंगी (इंग्रज)

equation	समीकरण
French	फ्रांसीसी
fringe	झालर
galaxy	आकाशगंगा / तारकामंडळ
heat rays	उष्मा-किरण
Hertzian waves	विद्युत्चुम्बकीय प्रारण लहरी
infrared	अवरक्त / उपारुण
interfere	व्यत्त्यय आणणे
interference	व्यतीकरण
interference fringes	व्यतीकरण झालर
ionosphere	भारितकणावरण
iris	कनीनीका (डोळ्याच्या मधला रंगीत भाग)
landmark	भूचिन्ह / स्थलचिन्ह
laser	लेझर (किप्रेउवप्र = किरणोत्सर्गाच्या प्रेरित उत्सर्गाने वर्धित प्रकाश)
lens	भिंग
magnetism	चुंबकत्व
maser	मेझर (किप्रेउवसू = किरणोत्सर्गाच्या प्रेरित उत्सर्गाने वर्धित सूक्ष्मलहरी)
meteorite	उल्कापिंड / अशनी
mica	अभ्रक
microwave	सूक्ष्मलहरी
microwave oven	सूक्ष्मलहरी भट्टी
million	दशलक्ष
mobile television unit	दूरचित्रवाणी चल प्रक्षेपण यंत्रणा
neutron star	उदासीन तारा
optic nerve	दृष्टी-मज्जातंतू
oscillation	आंदोलन
plateau	पठार
prism	कोनचिति
probe	शोध-संवेदक
pulsar	स्पंद-तारा
pulse	स्पंद / स्पंदन
pupil	नेत्रतारका (डोळ्याची बाहुली)
quasar	आभासी-तारा
RADAR	रडार (आवेआअंमा = आकाशलहरीय वेधन आणि अंतरमापन)

radiation	किरणोत्सर्ग / प्रारण
radio	आकाश लहरी संकेतवहन / आकाश लहरी संकेतवाहक / आकाशवाणी
radio and television	आकाशवाणी (नभोवाणी) आणि दूरदर्शन
radio star	प्रारण तारा
radio telescope	आकाशलहरी दुर्बीण / आकाशलहरी संकेतवाहक दुर्बीण
radio waves	आकाश लहरी / विद्युत्चुम्बकीय प्रारण लहरी
radiotelegraphy	आकाशलहरीय संदेशवहन / विद्युत्चुम्बकीय प्रारणिक संदेशवहन
rainbow	इंद्रधनुष्य
receiver	स्वीकारक / ग्राही / अभिग्राही
refraction	वक्रीभवन / विकरण
retina	दृष्टीपटल / डोळ्याचा पडदा
rock salt	शेंदेलोण
rocket	अग्निबाण
rule	सूत्र / नियम
shape and size	आकार आणि विस्तार
signal	संकेत
silence	नि:शब्दता / नीरवता
simulation	उद्दीपन
SONAR	सोनार (नामाआअंमा = नाद मार्गदर्शन आणि अंतरमापन)
spectrum	वर्णपट
static	वायुमण्डलीय विक्षोभ
stream	झरा / प्रवाह / धार / धारा
supermarket	महाबाजार
telecommunication	दूरसंदेश वहन
telegraph	तारायंत्र
thermocouple	तापयुग्म
thermometer	तापमापक
thermopile	तापचिति / तापयुग्मरास
tissue	ऊती
transmission	प्रक्षेपण
trillion	शत-सहस्त्र कोटी
ultraviolet	अतीनील
wavelength	तरंगलांबी

(ही सूची जी मूळ पुस्तकात नाही, ती या मराठी रुपांतरणात वाचकांच्या सोयीसाठी नव्याने समाविष्ट करण्यात आली आहे.)

लेखकाविषयी

आयझॅक असिमॉव्ह जन्म : २ जानेवारी १९२०, पेत्रोवीची, स्मोलेन्स्क ओब्लास्ट, रशिया मृत्यू : ६ एप्रिल १९९२, ब्रुकलीन, न्यू यॉर्क, युनायटेड स्टेट्स ऑफ अमेरिका	

आयझॅक असिमॉव्ह, हे एक जगप्रसिद्ध अमेरिकन लेखक आणि बोस्टन विद्यापीठातील जैविक-रसायन शास्त्राचे प्राध्यापक होते. ते त्यांच्या रंजक शास्त्रीय पुस्तके व विज्ञान कथा- कादंबऱ्या यासाठी विशेष नावाजले जातात. त्यांच्या अनेक कथांवर हॉलीवूडने चित्रपट तयार केले आहेत. पाश्च्यात्त विज्ञान कथा लेखकांत, आयझॅक असिमॉव्ह हे, ज्युअल व्हेअर्न (फ्रांसीसी) आणि आर्थर सी. क्लर्क यांच्या तोडीचे लेखक मानले जातात.

अधिक माहितीसाठी पुढील आंतरजाल सूत्रे पहा.
Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Isaac_Asimov)

www.**asimov**online.com/

संदर्भ: वरील रुपांतरण हे त्यांच्या खालील पुस्तकाचे आहे -
"How Did We Find Out About Microwaves?" - ले. आयझॅक असिमॉव्ह, वॉकर प्रकाशन, १९८९

ऋणनिर्देश

या मराठी रुपांतरणासाठी मी पुढील व्यक्तींचे मनापासून आभार मानतो;

- श्री. अरविंद गुप्ता : विश्वासाने ही आनंददायी जबाबदारी माझ्यावर सोपविल्याबद्दल.
- 'शोधांच्या कथा' या मालिकेचे आधीचे अनुवादक : आयझॅक असिमॉव्ह यांच्या "हाऊ डिड वी फाईंड अबाउट" या रोचक मालिकेतील इतर सारी पुस्तके अगोदरच मराठीत आणून (पहा- http://www.arvindguptatoys.com/ > बुक्स > मराठी), मला या मालिकेची सांगता करायची संधी निर्माण केल्याबद्दल.
- सौ. प्रज्ञा गोखले : मराठीत स्वीकृत शब्दांबाबत सूचना करून, या रुपांतरणाला अधिक सुलभ रूप देण्यास मदत केल्याबद्दल.
- श्री. शुभानन गांगल (https://www.facebook.com/groups/togangal): मराठीने स्वीकृत केलेले शब्द कसे ओळखावेत याच्या कसोट्यांबाबत मार्गदर्शन केल्याबद्दल.
- वर्षा आणि अदिती : मला या कामासाठी मोकळीक दिल्याबद्दल आणि या रुपांतरणाच्या परिपूर्णतेसाठी पाठपुरावा केल्याबद्दल.

- अभय भा. काळे ☺

* * * * * * * *